



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

VANAJAVEDEN LÄHIVALUMA-
ALUEEN KUORMITUS JA
MAANKÄYTÖN VAIKUTUS
KEVÄISTEN SULAMISVESIEN
VEDENLAATUUN

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristöteknologia
Ympäristötekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Tuomas Piepponen

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniologia

PIEPPONEN, TUOMAS:

Vanajaveden lähivaluma-alueen kuormitus ja maankäytön vaikutus keväisten sulamisvesien vedenlaatuun

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 76 sivua, 33 liitesivua

Kevät 2012

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Vanajaveden lähivaluma-alueen vaikutus Vanajaveden kuormitukseen keväisistä sulamisvesistä. Lisäksi selvitettiin lähivaluma-alueen maankäyttö ja sen vaikutukset vedenlaatuun.

Opinnäytetyö toteutettiin Helsingin yliopiston Lammin biologiselle asemalle ja tuloksista raportoitui ensisijaisesti aseman professorille Lauri Arvolalle ja Vanajavesikeskuksen vesijaostolle. Vanajavesikeskus on mukana Vanajaveden valuma-alueen kunnostusprojekteissa, ja se etsii aktiivisesti uusia kunnostuskohteita.

Käytettyihin tutkimusmenetelmiin kuului kenttätyöskentely, laboratorioanalyysit ja taulukkolaskenta. Vanajaveden valuma-alueen maankäyttöä tutkittiin paikkatietoaineistojen (GIS) avulla. Vanajavesi sijaitsee lähellä Hämeenlinnan keskustaa, ja se kuuluu Kokemäenjoen vesistöön. Järvi on ekologiselta luokaltaan tyydyttävä, ja sen suurimpia ongelmia ovat happikato ja sinileväkukinnat kesällä.

Vanajavesi on fosforirajoitteinen järvi, joten sen rehevyyteen voidaan puuttua fosforikuormitusta vähentämällä. Tutkimusajankohta oli keväällä, jolloin ravinnekuormitukset ovat suurimmillaan. Näytteenottopisteitä lähivaluma-alueella oli useita ja niiden ravinnetuloksista selvisivät suurimmat kuormituslähteet.

Lähivaluma-alueen fosforikuormitus pinta-alaa kohti oli hieman kaukovaluma-alueen kuormitusta suurempi opinnäytetyön laskutoimitusten perusteella. Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) VEMALA vesistömallin virtaama- ja kuormitustietojen perusteella lähivaluma-alueen pinta-alakohtainen vaikutus on jopa kaksinkertainen verrattuna kaukovaluma-alueeseen. Lähivaluma-alue on kooltaan vain kymmeneksen Vanajaveden valuma-alueesta, joten sen kokonaisvaikutus jää pieneksi.

Avainsanat: kevätvalunta, lähivaluma-alue, maankäyttö, valuma-alue, Vanajavesi

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Technology

PIEPPONEN, TUOMAS : The nutrient load in the subcatchment
area near Lake Vanajavesi and the effects
of land use on water quality during
spring runoff

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 76 pages, 33 appendices

Spring 2012

ABSTRACT

The main objective of this thesis was to evaluate the effect of the spring runoff waters from the subcatchment area near Lake Vanajavesi on the nutrient loads. The purpose was also to study how the land uses affect water quality. The thesis was commissioned by the Lammi Biological Station of the University of Helsinki. The results were reported primarily to the Vanajavesi Centre and Professor Lauri Arvola at the University of Helsinki. The Vanajavesi Centre is involved in restoration projects in the Vanajavesi catchment area and is actively pursuing new treatment projects.

The methods applied in the study include fieldwork, laboratory analysis and spreadsheet calculation. Geographical information systems (GIS) were used to research the land use of the catchment area. Lake Vanajavesi is part of the Kokemäki basin and it is located near the city of Hämeenlinna. The ecological status of the lake is moderate and its biggest problems are oxygen deficiency and summer cyanobacterial bloom.

Lake Vanajavesi is a phosphorus limited lake so problems in eutrophication can be mitigated by reducing the amount of phosphorus. The research was carried out during the spring when the nutrition loading was at its peak. The biggest sources of nutrition loading were discovered from the nutrition samples of the sampling points in the subcatchment area near Lake Vanajavesi.

According to the calculations, the amount of phosphorus load per unit area from the subcatchment area near Lake Vanajavesi was a little higher than in the rest of the catchment area. Load per unit area from the subcatchment area near Lake Vanajavesi is double according to water quality simulations run with the VEMALA model of the Finnish Environment Institute (SYKE). The subcatchment area is only one tenth of the size of the whole area, so the overall effect is minor.

Key words: catchment area, land use, spring runoff, subcatchment area, Vanajavesi

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	VANAJAVEDEN TILA	2
2.1	Vanajaveden seuranta ja tutkiminen	2
2.2	Vanajaveden kuormittuminen	5
2.3	Pisteperäiset kuormituslähteet	8
3	KÄYTETTY TUTKIMUSMENETELMÄT	10
3.1	Kenttämenetelmät	10
3.2	Analyysimenetelmät	14
3.3	Laskentamenetelmät	16
4	VALUMA-ALUEIDEN KUVAUS	19
4.1	Vanajaveden valuma-alue	20
4.2	Vanajaveden kaukovaluma-alue	22
4.3	Vanajaveden lähivaluma-alue	24
4.4	Kauko- ja lähivaluma-alueiden vertaaminen	26
4.5	Näytteenottopisteiden valuma-alueet	28
4.5.1	Näytteenottopisteiden ryhmittely	29
4.5.2	Vanajaveden pohjoispuolen näytteenottopisteet ja niiden valuma-alueet	30
4.5.3	Vanajaveden eteläpuolen näytteenottopisteet ja niiden valuma-alueet	34
5	TULOKSET	40
5.1	Virtausolosuhteet	41
5.2	Turbiditeetti	42
5.3	Kokonaistyyppi, nitriitti- ja nitraattityppi sekä ammoniumtyppi	43
5.4	Kokonaisfosfori ja fosfaattifosfori	44
5.5	Liennut orgaaninen hiili (DOC)	45
6	TULOSTEN TARKASTELU	47
6.1	Näytteenottoajankohta ja olosuhteet	47
6.2	Ravinnepitoisuuksien kehitys näytteenottoajanjakson aikana	52
6.3	Tulosten korreloiminen maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken	56
6.4	Valuma-alueiden kuormitusvaikutusten vertailu	59
7	YHTEENVETO	65

LÄHTEET

69

LIITTEET

75

1 JOHDANTO

Vanajavesikeskus toimii Vanajaveden valuma-alueella tavoitteenaan parantaa alueen järvien ja jokien tilaa. Sillä on yhteistyötä alueellisten toimijoiden, kuten Hämeen MTK:n, Hämeen ELY-keskuksen, Hämeen liiton, paikallisten yritysten, Hämeen Sanomien sekä valuma-alueen kuntien ja kaupunkien kanssa. Vanajavesikeskuksen työvaliokunnassa on näiden toimijoiden päättävässä asemassa olevia henkilöitä. Vanajavesikeskuksen vesijaostoon ja työvaliokuntaan kuuluu alueella toimivan Helsingin yliopiston Lammin biologisen aseman professori Lauri Arvola, jonka ehdotuksesta tätä opinnäytetyötä lähdettiin tekemään.

Työn tavoitteena oli tutkia Vanajaveden lähivaluma-alueen merkittävyyttä Vanajanselän kuormittajana. Lähivaluma-alueen merkittävyys selvitettiin ottamalla näytteitä maanteiden ja siltojen ali virtaavista vesistä ja laskemalla näiden näytteenottopisteiden valuma-alueiden pinta-alat. Näytteiden ravinnepitoisuuksia verrattiin näytteenottopisteiden välillä, lähi- ja kaukovaluma-alueen kesken, ja erityyppisillä valuma-alueilla maanpeitteen ja -käytön mukaan. Valuma-alueiden maanpeite ja -käyttö selvitettiin, jotta voitiin tehdä laskelmat niiden alueiden ravinnepitoisuuksista, joita työn näytteenottopisteet eivät kattaneet.

2 VANAJAVEDEN TILA

Vanajavettä on tutkittu jatkuvasti 1960-luvulta lähtien. Tutkimukset ovat määrääkäsia, mutta järveä seurataan myös jatkuvatoimisesti lain velvoittamana. Vanajavettä sekä sen valuma-alueiden suurimpia jokia ja järviä on arvioitu niiden ekologisen tilan mukaan. Järven tilan parantamiseksi on tärkeää tietää, mitä aikaisempaa tutkimustietoa voidaan hyödyntää ja mistä kuormitusta yleensäkin tulee.

2.1 Vanajaveden seuranta ja tutkiminen

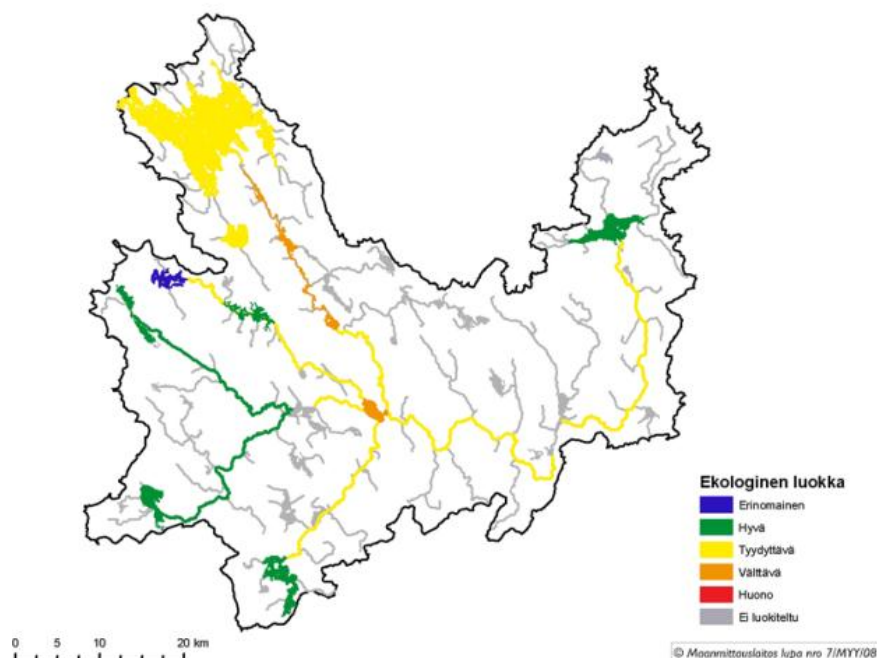
Vanajaveden ensimmäinen tutkimus tehtiin vuonna 1926, kun järvi oli vielä niukkaravinteinen. 1950 - 1960-luvulta lähtien järvi on kuitenkin ollut rehevä. Tutkimustietoa löytyy varhaisimmillaan vuosilta 1965 - 1968, kun professori Jorma Aho opiskelijaryhmän kanssa teki Helsingin yliopistolle Vanajan ja Hämeen alueiden suurta pohjaeläintutkimusta. Tätä tutkimusta jatkoi FT Pekka Kansanen 1970-luvulla. (Kansanen & Aho 1981; Arvola 2011.)

Helsingin yliopiston luonnontieteellisellä Lammin biologisella asemalla on vuodesta 1972 lähtien tutkittu Pääjärveä, yhtä Vanajaveden latvajärveä. Tutkimuksellisista ja vesiensuojelullisista syistä Vanajavedestä ollaan kuitenkin nyt kiinnostuttu. YMPANA-projektin yhteydessä vuosina 2008 - 2011 tarkkailtiin kolmella mitausasemalla Vanajanselän plankton- ja ravinnetilanteita. Erityistarkastelussa olivat alueelliset erot ja ajalliset vaihtelut. Lodzin yliopistossa maisterin tutkinnon suorittanut ja Helsingin Yliopistossa jatko-opiskelijana ollut Monika Walkowiak toisti vuodesta 2005 vuoteen 2007 Ahon tutkimuksen ja suunnitelmissa on toistaa tutkimus lähivuosina. (Arvola 2011.)

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry:llä seurataan jatkuvasti Kokemäenjoen vesistön tilaa mm. tarkkailemalla pohjavesiä, jokivesiä, järvivesiä ja purkuvesistöjä (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 2012b). Vanajaveden tilaan liittyen julkaisuja heiltä tulee vuosittain Vanajaveden reitin alaosasta, yläosasta ja koko Vanajaveden-Pyhäjärven reittien yhteistarkkailusta (Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 2012a). Suomen ympäristökeskuksen

(SYKE) VEMALA vesistömalli laskee valuma-alueiden kuormituksia paikkatietoaineiston avulla (Mäkelä 2012; Suomen ympäristökeskus 2012a). Paikkatietoaineisto (GIS-aineisto) koostuu kartta-aineistosta, missä voi olla tietokerroksina mm. valuma-alueet, pohjavesialueet ja seutukaavoitus (Pyhälähti, Sucksdorff, Teiniranta & Härmä 2008, 2, 4 - 5).

Suomen vesienhoitoalueiden pinta- ja pohjavesiä tulee seurata lain mukaan monipuolisesti EU:n vesipuitedirektiivin mukaisesti (Laki vesienhoidon järjestämisestä 1299/2004, 9§; Euroopan komissio 2010, 2). Siihen liittyen SYKE toteuttaa lain mukaista jatkuvaa vesienhoitoalueiden seurantaa (VHS Seuranta) ja tähän rekisteriin Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry ja Pirkanmaan ELY-keskus (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus) laittavat seurantatuloksia Vanajavedeltä ja sen valuma-alueelta (Suomen ympäristökeskus 2012c). Valtion ympäristöhallinnon ja TE-keskusten kalatalousyksiköiden yhteistyönä laaditut EU:n vesipuitedirektiivin mukaiset ekologiset luokat on määriteltä Vanajaveden valuma-alueen suurimmissa joissa ja järvissä (kuvio 1) (Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos 2008; Kaipainen, Jutila, Bilaletdin & Frisk 2009, 10).



KUVIO 1. Ekologiset luokat Vanajaveden vesistöalueella (Kaipainen ym. 2009, 10)

Latvajärvistä Hämeenlinnan Lammin Pääjärven, Hämeenlinnan Rengon Renkajärven sekä Lopin Loppijärven ja Kaartjärven ekologiset tilat on arvioitu hyväksi. Hyvällä tarkoitetaan, että veden eliöiden esiintyvyys, runsaussuhteet ja lajistorakenteet on arvioitu hyväksi. Kaartjoki ja Renkajoki ovat myös hyviä, mutta Teuronjoki, Puujoki, Nummistenjoki, Toivanjoki, Tervajoki, Hyvikkälänjoki, Alajoki, Jokilanjoki, Koskenjoki ja Hiidenjoki ovat tyydyttäviä. Takajärvi on Vanajaveden valuma-alueen ainoa erinomaiseksi tilaltaan arvioitu järvi. Takajärvestä vesi virtaa hyväksi luokiteltuun Alajärveen ja sieltä välttäväksi luokiteltuun Kernaalanjärveen, mihin muutkin kaukovaluma-alueen vedet virtaavat. Reittiosuus Kernaalanjärvestä Miemalanselän, Hämeenlinnan keskustan ja Hattulanselän kautta Lepaalle on välttävää, pl. Hiidenjoen osuus tyydyttävänä. Lähivaluma-alueen Lehijärvi ja Vanajavesi on arvioitu ekologiselta luokaltaan tyydyttäväksi. (Kaipainen ym. 2009, 9; Metsähallitus 2011.)

Vesipuitedirektiivin mukaisesti vuoteen 2015 mennessä Suomen järvien ekologisen tilan tulisi olla hyvä (Valpasvuo-Jaatinen 2009, 2). Vanajaveden toimenpideohjelman ei arvioida parantavan järven tilaa vuoteen 2015 mennessä. Määräaika on pidennetty vuoteen 2027, koska on arvioitu sen olevan kohtuutonta lyhyemmällä aikavälillä (Suomen ympäristökeskus 2012b). Määräajan pidentäminen on mahdollista lain pykälässä tekniseen tai taloudelliseen kohtuuttomuuten vedoten (Laki vesienhoidon järjestämisestä 1299/2004, 25§). VHS Seurannassa on neljä paikkaa Vanajaveden valuma-alueella, jotka ovat Vanajanselkä, kaukovaluma-alueelta virtaava joki lähellä Vanajavettä, järvi valuma-alueella ja latvajärvi (taulukko 1) (Suomen ympäristökeskus 2012c).

TAULUKKO 1. Vanajaveden vesienhoitoalueiden seurantakohteiden ravinnetiedot keväällä ja kesällä vuosina 2010 ja 2011 (Suomen ympäristökeskus 2012c)

Alajärven keskiosa (Näytteenottolaitoksena Kokemäenjoen vesistön vsy)							
Ajankohta	Lämpötila (°C)	Happamuus (pH)	N _{kok} (µg/l)	NH ₄ -N (µg/l)	NO _{2/3} -N (µg/l)	P _{kok} (µg/l)	PO ₄ -P (µg/l)
9.3.2010	0,7	7,2	570			6	
30.6.2010	20	7,4	560	26	120	14	3
8.3.2011	0,7	7,1	650			8	
23.8.2011	19	7,4	490			13	

Pääjärvi, syväne (Näytteenottolaitoksena Pirkanmaan ELY-keskus)							
Ajankohta	Lämpötila (°C)	Happamuus (pH)	N _{kok} (µg/l)	NH ₄ -N (µg/l)	NO _{2/3} -N (µg/l)	P _{kok} (µg/l)	PO ₄ -P (µg/l)
29.3.2010	1	6,4	1500		1200	8	3
18.5.2010	11	7,1	1500		970	12	2
21.6.2010	16	7,5	1400	12	880	15	
4.4.2011	0,6	7,3	1500		1100	8	2
17.5.2011	8	7	1500		1100	10	2
22.8.2011	18,3	7,5	1400	12	890	12	

Vanajanselkä (Näytteenottolaitoksina Kokemäenjoen vesistön vsy ja Pirkanmaan ELY-keskus)							
Ajankohta	Lämpötila (°C)	Happamuus (pH)	N _{kok} (µg/l)	NH ₄ -N (µg/l)	NO _{2/3} -N (µg/l)	P _{kok} (µg/l)	PO ₄ -P (µg/l)
18.3.2010	0,9	7,4	950		490	21	13
27.5.2010	11	7,3	1300	31	760	21	
16.6.2010	14	7,4	1200	25	640	19	
24.3.2011	0,5	7,4	640		240	18	12
8.6.2011	15	7,8	1300	15	750	19	
11.8.2011	20		820		130	24	

Hattulanselkä (Näytteenottolaitoksena Kokemäenjoen vesistön vsy)							
Ajankohta	Lämpötila (°C)	Happamuus (pH)	N _{kok} (µg/l)	NH ₄ -N (µg/l)	NO _{2/3} -N (µg/l)	P _{kok} (µg/l)	PO ₄ -P (µg/l)
11.3.2010	0,2	7	2500	42	1900	27	
24.5.2010	17	7,1	2000	35	1200	42	
22.6.2010	18	7,5	1800	22	810	72	
7.3.2011	0,4	6,8	2000	43	1300	24	
31.5.2011	14	7,5	2200		1300	43	
10.8.2011	21	7,6	980	64	9	74	

Pääjärven typpipitoisuus on selvästi suurempi kuin Alajärnessä, mutta fosforin osalla eroa ei ole. Tyydyttäväksi ekologisilta luokiltaan arvioidulla Hattulan- ja Vanajanselällä fosforipitoisuudet ovat näihin järviin verrattuna selvästi korkeampia. Pääjärvi ja Vanajavesi ovat voimakkaasti fosforirajoitteisia, joten korkealla typpipitoisuudella ei ole niin merkittävää vaikutusta rehevöitymiseen. (Pietiläinen & Räike 1999, 26; Kaipainen ym. 2009, 10.)

2.2 Vanajaveden kuormittuminen

1970-luvulla Vanajaveden vedenlaatu oli parhaimmillaan välttävä, jolloin happikato aiheutti kalakuolemia. Järven tila on parantunut selvästi mutta ongelmana on yhä rehevyyden aiheuttama happivaje ja sinileväkukinnat kesällä. Rehevyys ja

syonobakteerien määrä on jopa kasvanut lähiaikoina, vaikka pistekuormitus on vähentynyt. Tämän syyksi epäillään hajakuormitusta. (Kaipainen ym. 2009, 10.) Vanajanselkä on voimakkaasti fosforirajoitteinen, joten sen rehevyyteen vaikutetaan vähentämällä fosforin määrää (Pietiläinen ym. 1999, 26). Yleisesti vesistöjen tärkeimmät fosforikuormituslähteet ovat asutusten ja teollisuuden jätevedet, elintarviketeollisuus, huuhtoumat maa- ja metsätaloudesta, lannoitteiden käyttö ja karjatalous (Seppänen 1984, 212). Typpiyhdisteistä leville käyttökelpoisimpia ovat nitraatti ja ammonium, sekä fosforyyhdisteistä fosfaatti (Arvola 2012a).

Pääosa Vanajaveden virtaavasta vedestä kulkee Lepaan virran kautta. Sen keskimääräinen fosforipitoisuus on 54,8 µg/l ja typpipitoisuus 1716 µg/l, kun Vanajanselän vastaavat luvut ovat 26,7 µg/l fosforin ja 705 µg/l typen osalta. Keskimäärin Vanajanselkään kohdistuu fosforikuormitusta 45 tonnia vuodessa ja typpikuormitusta 1344 tonnia vuodessa (Kaipainen ym. 2009, 26, 30). Tarkasteltaessa Vanajaveden kuormittumista nähdään sen ominaispiirteitä vertaamalla sen kuormituslähteitä koko Suomen kuormituslähteisiin (taulukko 2) (Pietiläinen 2008, 26; Kaipainen ym. 2009, 27 - 28).

TAULUKKO 2. Taulukossa prosentiosuuksia Vanajaveden ja Suomen ravinte- ja kuormituslähteistä

			Kokonaisfosforikuormitus		Kokonaistypikuormitus	
			Vanajavesi	Suomi	Vanajavesi	Suomi
Ihmisperäinen kuormitus	Hajakuormitus	Maatalous	67 %	63 %	56 %	53 %
		Metsätalous	2 %	8 %	2 %	6 %
		Haja-asutus	15 %	9 %	4 %	3 %
	Pistemäinen kuormitus	Paroisten jätevedenpuhdistamo	6 %		22 %	
		Tuветуotanto	0 %	0 %	0 %	1 %
		Pistekuormitus yhteensä	11 %	13 %	29 %	21 %
Laskeuma		5 %	7 %	10 %	17 %	
Ravinteiden kulkeutuminen	Ihmisperäinen kuormitus		84 %	40 %	79 %	34 %
	Luonnonhuuhtouma		16 %	60 %	21 %	66 %

Järvien pintavesiin kulkeutuu ravinteita luonnonhuuhtouman, hajakuormituksen, pistemäisen kuormituksen ja laskeuman kautta. Näistä kaikki muut paitsi luonnonhuuhtouma ovat ihmisperäisiä typpi- ja fosforiravinnelähteitä, joista käytetään kuormitus-sanaa. (Pietiläinen 2008, 26.) Luonnonhuuhtouman osuus Vanajaveden kokonaisfosforikuormituksesta on 16 %, kun Suomessa se on 60 %, ja kokonaistypikuormituksesta 21 %, kun Suomessa vastaavasti 66 %.

Maanpintaa pitkin jokiin valuu hiukkasia, jotka kulkeutuvat latvajärviltä edelleen merta kohti. Joet virratessaan kuluttavat myös maa-ainesta sääolojen ja vuoden-ajan mukaan. Keväisten sulamisvesien aikaan kuivan maan aines huuhtoutuu virtaan. (Hakala & Välimäki 2003, 59.) Humuksen huuhtoutuminen vesistöihin on tällöin voimakkaimmillaan kivennäismailla, kun valumavesi kulkeutuu vesistöihin myös pintavirtauksina. Käytännössä luonnontilainen maaperän huuhtouma sisältää myös ihmisen aiheuttamaa ilman kautta kulkeutunutta laskeumaa. (Valtion ympäristöhallinto 2001.)

Laskeuma koostuu jopa tuhansien kilometrien matkalta kulkeutuneista ihmisperäisistä ilmaan päästetyistä kaasumaisista ja hiukasmaisista aineista, joista happamoittavista merkittävimpiä ovat pääasiassa liikenteen aiheuttamat typen oksidit (Hakala ym. 2003, 71 - 72). Laskeuman osuus Vanajaveden ihmisperäiseen kokonaisfosforikuormitukseen on 5 % ja kokonaistyyppikuormitukseen 10 %.

Vanajaveden ravinnelähteistä merkittävin on hajakuormitus (84 % kokonaisfosfori- ja 62 % kokonaistyyppikuormituksesta), josta maatalouden osuus kokonaisfosforin osalta on 80 % ja kokonaistypen osalta 90 %. Ammoniumtyppeä ja fosfaattifosforia tulee etenkin karjalannasta (Arvola 2011). Hajakuormittajia ovat tämän lisäksi myös metsätalous ja haja-asutus. Metsien pinta-alasta lähes kaikki on puuntuotannossa, joten niiden peittämät maa-alueet lasketaan ihmisperäisiksi kuormittajiksi. Metsätalous aiheuttaa myös hieman kuormitusta, mutta määrä on pieni suhteessa Suomen metsäpinta-alaan (Pietiläinen 2008, 32).

Haja-asutuksen merkitys on toiseksi suurin sen osuuden ollessa 15 % ihmisperäisestä kokonaisfosforikuormituksesta ja 4 % kokonaistyyppikuormituksesta. Viidennes suomalaisista asuu viemäriverkostoihin liittämättömissä kiinteistöissä, joissa vesistökuormitus on moninkertainen (Pietiläinen 2008, 31 - 32). Yhdyskuntien jätevesistä vesistöön johdettava tyyppi on ammoniumtyppeä (Oravainen 1999, 21).

2.3 Pisteperäiset kuormituslähteet

Pistekuormituslähde on pienelle alueelle ravinnekuormitusta aiheuttava lähde, lähinnä teollisuus, yhdyskuntien jätevedet ja kalankasvatus (Pietiläinen 2008, 26). Suomessa yhdyskuntien jätevesien fosfori- ja typpekuormitus on haja-asutuksen kuormitukseen verrattuna noin puolet ja teollisuutta suurempi (Vakkilainen, Kotola & Nurminen 2005, 10). Pistekuormituslähteet aiheuttavat 11 % Vanajaveden kokonaisfosforikuormituksesta ja 22 % kokonaistyppekuormituksesta.

Vanajaveden valuma-alueen suurin pistekuormittaja on Paroisten jätevedenpuhdistamo, mikä sijaitsee noin 15 km:n etäisyydellä Vanajavedestä. Muita merkittäviä pistekuormittajia ovat Janakkalan ja Kärkölen jätevedenpuhdistamot. Suomen jätevedenpuhdistamoiden kuormitukset vesistöön raportoidaan Suomen ympäristökeskukselle. Tervakoski Osakeyhtiön paperitehdas ja VAPO Osakeyhtiön Röyhynsuon turvetuotantoalue ovat myös mainittavia pistekuormittajia (taulukko 3). (Kaipainen ym. 2009, 16 - 17; Latauspalvelu LAPIO 2011.)

TAULUKKO 3. Vanajaveden pistekuormittajien vuosien 2002 – 2006 keskiarvo (kg/v), tähdellä merkattujen toiminta on loppunut (Kaipainen ym. 2009, 16)

Asiakas	TotP	TotN
Palveluajon ammattiliitto ry Hotelli Petäys	3	241
Hämeen ammattikorkeakoulu, Lepaa	15	1124
Hämeenlinnan seudun vesi OY, Paroisten puhdistamo	2422	237432
Rautaruukki OYJ, Hämeenlinnan tehtaas	9	
Janakkalan kunnan vesihuoltolaitos I, Turenki	396	12904
Sucros OY Turengin tehdas	31	905
VAPO OY, Röyhynsuo	118	1921
Janakkalan kunta, vesihuoltolaitos III, Leppäkoski	32	1169
Hausjärven kunnan viemärlaitos I, Oitti *	177	5200
Hausjärven kunnan viemärlaitos III, Hikiä *	31	2686
Hausjärven kunnan viemärlaitos II, Ryttylä *	120	5659
Kekkilä OYJ, Sammalistonsuo	154	2773
Kärkölen kunnan viemärlaitos, Järvelä	249	10808
Wienerberger OY AB, Lappilan tiilitehdas	6	
Hämeenkosken kunta, jäteveden puhdistamo	24	2940
Kekkilä OYJ, Roitonsuo	23	1007
L&T Muoviporssi OY , Harvialan muovirakeistamo *	4	126
Janakkalan kunnan vesihuoltolaitos II, Tervakoski	437	18573
Tervakoski OY	459	5607
Finnforest OYJ, Rengon saha, Renko	21	28
VAPO OY, Väärälammensuo	44	1256
Janakkalan kunta, vesihuoltolaitos IV, Kirkonkylä	6	428

Jätevedenpuhdistamoiden kuormitustietojen mukaan Paroisten jätevedenpuhdistamon puhdistusprosentti kokonaisfosforin osalta vuosina 2010 ja 2011 oli 97 % ja kokonaistypen osalta 41 % vuonna 2010 ja 57 % vuonna 2011 (taulukko 4) (Ympäristösuojelun tietojärjestelmä VAHTI 2011).

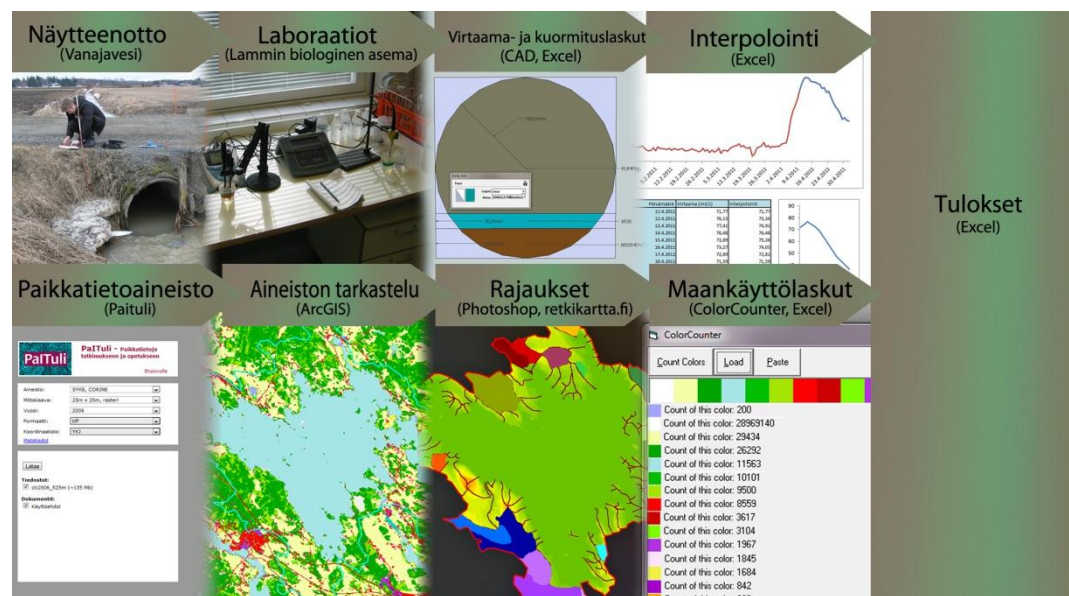
TAULUKKO 4. Paroisten jätevedenpuhdistamon puhdistusteho vuosina 2010 ja 2011 (Ympäristösuojelun tietojärjestelmä VAHTI 2011)

Vuosi kg/v	Tyyppi kg/v	Bod 7 ATU kg/v	COD, dikromaatti kg/v	Kiintoaine kg/v	Kokonaisfosfori kg/v	Kokonaistyyppi kg/v	Virtaama/Jätevesimäärä m ³ /v
2010	Tuleva (laskenta)	1 815 836,00	4 046 741,00	2 499 685,00	51 720,00	308 702,00	5 397 918,00
2010	Vesistöön	18 900,27	178 875,00	52 744,20	1 541,94	180 764,00	5 397 918,00
2010	Puhdistusprosentti	98,96	95,58	97,89	97,02	41,44	
2011	Tuleva (laskenta)	2 333 753,00	5 035 673,00	3 119 065,00	63 171,00	377 047,00	6 866 416,00
2011	Vesistöön	20 309,92	273 041,00	73 436,40	1 965,04	163 358,00	6 866 416,00
2011	Puhdistusprosentti	99,13	94,58	97,65	96,89	56,67	

Paroisten jätevedenpuhdistamoon jätevedet johtuvat Akaasta, Hattulasta, Kalvolasta ja Hämeenlinnasta, johon kuuluvat vuoden 2009 kuntaliitoksen jälkeen myös Hauho, Lammi, Renko ja Tuulos (HS-Vesi yritysesite 2011; Hämeenlinnan kaupunki 2012). Purkuputki on Rautamonojalla, mistä jätevedet kulkeutuvat Kirstulansalmen kautta Hattulanselälle ja edelleen Mervenselälle ja lopulta Vanajan selälle. Ylivirtaaman, kuten keväisten sulamisvesien aikana, jäteveden osuus on 9,6 % Rautamonojan alajuoksun virtaamasta, kun keskivirtaaman aikana se on 79 %. (Jäteveden johtaminen Hämeenlinnan Paroisten puhdistamolta Vanajaveteen 2005, 6.)

3 KÄYTETYT TUTKIMUSMENETELMÄT

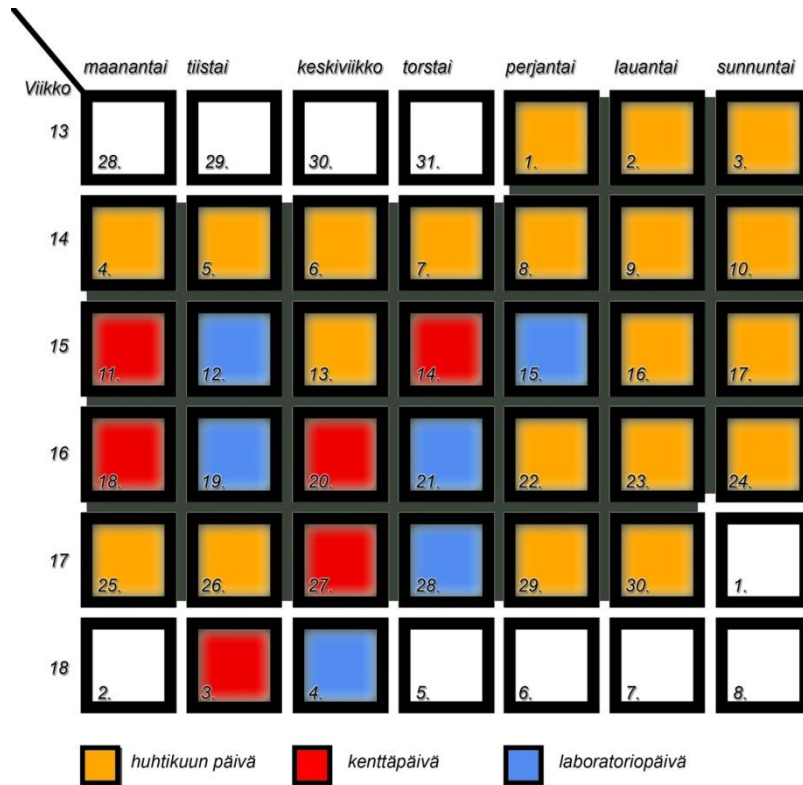
Vanajaveden lähivaluma-alueen ja erityyppisten alueiden vaikutus Vanajaveden kuormittumiseen lähdettiin selvittämään ottamalla ravinnenäytteitä ojista Vanajaveden ympärillä ja selvittämällä niiden virtaamat. Näytteet vietiin Helsingin yliopiston Lammin biologisen aseman laboratorioon analysoitavaksi ja kuormitukset laskettiin ravinne- ja virtaamatuloksien avulla. Paikkatietoaineistolla selvitettiin näytteenottopisteiden valuma-alueet ja niiden maanpeite ja -käyttö. Kuviossa 2 esitetään, kuinka näytteistä ja paikkatietoaineistosta koottiin tulokset.



KUVIO 2. Tutkimusmenetelmät

3.1 Kenttämenetelmät

Vanajaveden valuma-aluetta tutkittiin ottamalla näytteitä eri uomista Vanajaveden ympärillä sekä Lepaan virrasta, mitä pitkin vesi kulkeutuu kaukovaluma-alueelta. Näytteenottopisteet sijaitsivat yleisten maanteiden varrella, mikä mahdollisti näytteenottokierroksen tekemisen yhden päivän aikana. Näytteitä otettiin kuutena eri kertana, joista ensimmäinen ennen voimakkainta virtaama-aikaa ja viimeinen, kun virtaamat olivat jo tasoittuneet (kuvio 3).



KUVIO 3. Näytteenotto- ja laboraatioaikataulu huhti- ja toukokuussa vuonna 2011

Ennen ensimmäistä näytteenottokierrosta karttaan oli alustavasti merkitty 20 näytteenottopistettä suurimmilta oletetuilta virtauspaikoilta, mutta lopullisiin sijainteihin päädyttiin vasta ensimmäisellä näytteenottokierroksella Helsingin yliopiston professori Lauri Arvolan suositusten mukaisesti. Näytteenottopisteitä tuli lopulta 18, joista 17:n vesi virtaa lähivaluma-alueelta (lähivalumapisteet) ja yhteen kaukovaluma-alueelta (kaukovalumapiste). Näytteenottopisteitä karsiutui vaikeakulkuisuuden takia, mutta näytteitä otettiin suunnitelluiden pisteiden lisäksi myös metsätalousalueilta ja matalavirtauksisilta uomilta, jotta saataisiin vertailupohjaa erilaisten alueiden kuormitusvaikutuksista ja tietoa virtaaman vaikutuksesta kuormitukseen. Lopullinen näytteenottopisteen sijainti selvitettiin GPS-laitteesta ja koordinaatit (KKJ ja WGS84 -kartastokoordinaattijärjestelmät) kirjattiin kenttävihkoon muistiin. Karttakuvat näytteenottopisteiden sijainneista näkyvät liitteessä 1.

Virtaama kertoo, kuinka suuri vesimäärä kulkee uomaa pitkin tiettyä aikayksikköä kohti (m^3/s). Virtaaman määrittystä varten näytteenottopisteen uoman virtauksesta mitattiin leveys ja syvyys, sekä maantien alta kulkevan rummun halkaisija, tai sillan ali kulkevan joen leveys. Mittaukset tehtiin mittakepillä, ja koska rummuissa oli yleensä sedimenttiä pohjalla, mitattiin virtaavan veden syvyyden lisäksi myös sen pinnan etäisyys rummun yläosaan. Näin voitiin laskea, paljonko sedimenttiä rummun pohjalla oli. Isoimpien jokien läpileikkuun pinta-alat olivat hankalampia mitata, mistä johtuen keskeltä otetuissa syvyysmittauksissa saattoi olla pientä epätarkkuutta. Virtausnopeusmittaukset otettiin siivikoimalla yleensä neljästä kohdasta, mikäli määrä katsottiin näytteenottohetkellä tarpeelliseksi (kuvio 4). Jos virtaama oli pientä, niin siivikointi voitiin tehdä vain yhdestä kohdasta. Toisaalta, jos virtaama oli iso, kuten sillan alla kulkevissa joissa, tehtiin siivikointi enimmillään kahdeksasta kohdasta. Siivikointikohtia oli useita, koska virtausnopeudet vaihtelivat suuresti vedenpinnan läheisyydessä ja uoman syvimmän kohdan välillä. Virtausnopeuksilla oli myös suuria vaihteluita lähellä sedimenttiä johtuen usein uomissa olevista risuista. Virtaavan veden läpileikkuun mitat, virtausnopeudet ja virtaavan veden lämpötila kirjattiin kenttävihkoon.



KUVIO 4. Virtausnopeuden mittausta näytteenottopisteessä 13 viimeisellä näytteenottokerralla 3.5.2011

Lämpötila mitattiin YSI ProODO -kenttämittauslaitteella lähellä vedenpintaa ja näyte otettiin uoman keskeltä siltä puolelta maantietä, mistä vesi poistuu (kuvio 5). Isoissa joissa näytteen ottaminen keskeltä olisi ollut hankalaa, joten näyte otettiin noin puolen metrin päästä joen reunasta. Näytteenottopisteen ympäristö kuvattiin jokaisella näytteenottokerralla kolmella valokuvalla helpottamaan tulosten tulkintaa. Kuvissa tärkeimpiä tarkkailtavia seikkoja ovat ympäröivä maanpeite, lumipeite ja maanpinnan muodot. Näytteet laitettiin kylmälaukkuihin, mihin oli kyseisenä aamuna laitettu puolilleen jäämurskaa. Keskimäärin kahdeksan tunnin kierroksen jälkeen näytteet vietiin kylmähuoneeseen odottamaan seuraavan päivän laboratorioanalyysijä.



KUVIO 5. Veden lämpötilan mittausta näytteenottopisteestä 14 ensimmäisellä näytteenottokerralla 11.4.2011

3.2 Analyysimenetelmät

Lammin biologisen aseman laboratoriossa näytteistä määritettiin mittareilla sähkönjohtokyky, pH ja turbiditeetti (sameus). Sähkönjohtavuus mitattiin YSI 3200 -mittarilla, pH Thermo Electron Corporationin Orion 3 Star -mittarilla ja turbiditeetti WTW:n Turb 430 IR -mittarilla. Lachat Instrumentsin QuikChem 8000 -laitteella flow injection analysis (FIA) -menetelmällä määritettiin kokonaistyppi, kokonaisfosfori, epäorgaaniset typpiyhdisteet (ammoniumtyppi, nitraatti- ja nitriittityppi) ja epäorgaaninen veteen liuennut fosfaattifosfori. Liuennut orgaaninen hiili määritettiin TOC 5000A -laitteella. Tiedot käytetyistä menetelmistä on peräisin laboratorion ohjekirjoista ja erikoislaboratoriomestari Riitta Ilolalta. (Ilola 2011.)

Sähkönjohtavuus kuvaa vedessä olevien ionisoituneiden aineiden, eli liuenneiden suolojen määrää. Näitä ovat pääasiassa natrium, kalium, kalsium, magnesium, kloridit ja sulfaatit. Sähkönjohtavuutta mitattiin YSI 3200 -mittarilla SFS-EN 27888:1994 -standardin mukaisesti ja mittauksissa käytettiin yksikköä $\mu\text{S}/\text{cm}$. Jätevedet ($500 - 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$) ja peltolannoitus lisäävät suolojen määrää ja voimakkaasti viljellyillä alueilla sähkönjohtavuus on noin $150 - 200 \mu\text{S}/\text{cm}$. (Seppänen 1984, 155; Oravainen 1999, 10; Ilola 2011.)

Veden happamuudesta kertoo pH ja sitä mitattiin Orion 3 Star -mittarilla (kuvio 6). Laitteen valmistajan ohjeen mukaisesti mittaus tehtiin Orion 9172BNWP -elektrodilla. Luontaisesta humuskuormituksesta ja happamasta laskeumasta seuraa neutraalia hieman happamampi vesi Suomen vesistöissä (yleensä 6,5 - 6,8). Hiilihapon eri olomuodot ja eräät suolat, kuten kalsium ja magnesium, lisäävät veden puskurikykyä, mikä vastustaa pH:n muutoksia. Happamoitumisella on aikaa myöten vakavia vaikutuksia vesistöjen eliöstöön. Jos pH laskee 6,0-tason alapuolelle, simpukat, kotilot ja ravut katoavat, ja 5,5-tason alapuolella särjen ja lohikalojen lisääntyminen häiriintyy. Hetkellisesti alhainen pH ei kuitenkaan ole tappava. (Oravainen 1999, 12 - 13; Ilola 2011.)



KUVIO 6. Sähkönjohtavuuden ja pH:n mittausta Lammin biologisella asemalla 28.4.2011

Turbiditeetti eli sameus kertoo, kuinka huonosti valo läpäisee veden. Sitä mitattiin WTW:n Turb 430 IR -mittarilla laitteen mukana tullutta valmistajan ohjetta käyttäen. Näytettä verrattiin vertailuliuoksen kanssa, ja laite mittasi valonsironnan voimakkuutta. Tätä kutsutaan nefelometriseksi sameusmäärittelyksi. Turbiditeetin mittaussyksikkönä laite käyttää FNU/FTU:ta ($\text{FNU/FTU} = \text{NTU}$). Laite noudattaa DIN EN ISO 9001 -laatustandardia ja analysointi perustuu SFS-EN 27027:1994 -standardiin. Lievästi samean veden turbiditeetti on 1 - 5 FNU ja joskus kevättulvien aikana veden turbiditeetti voi olla jopa yli 100 FNU. (Oravainen 1999, 8; Ilola 2011.)

Kokonaistyyppi kertoo, montako mikrogrammaa litrassa ($\mu\text{g/l}$) näytettä on tyypeä pelkästään ja eri yhdisteissä. Se määritettiin Lachat Instrumentsin menetelmällä QuikChem METHOD 10-107-04-1-I: Determination of total nitrogen by flow injection analysis colorimetry, mikä perustuu pääpiirteittäin SFS-EN ISO 11905-1 -standardin osaan peroksidisulfaattihapetuksesta. FIA-menetelmässä näyte värjä-

tään ja pitoisuus lasketaan tietyltä aallonpituusalueelta kolorimetrisesti väriin perustuen. Kokonaisfosforin määrittäminen perustuu menetelmään QuikChem METHOD 31-115-01-3-A: Determination of total phosphorus by flow injection analysis colorimetry, mikä perustuu pääpiirteittäin standardiin ja menetelmään SFS-EN ISO 6878: Ammonium molybdate spectrometric method. (Ilola 2011.)

Epäorgaaninen typpi ja fosfori suodatettiin Whatmanin GF/F-suodattimella, joka suodattaa 0,8 µm:ä isommat aineet. Käytetyt menetelmät määrittämisessä olivat nitriitti- ja nitraattitypen osalta QuikChem METHOD 10-107-04-1-B: Determination of nitrite/nitrate in surface and wastewaters by flow injection analysis. Ammoniumitypen osalta menetelmä oli QuikChem METHOD 10-107-06-1-F: Determination of ammonia by flow injection analysis, low flow, phenolate method. Fosfaattifosfori määritettiin menetelmällä QuikChem METHOD 10-115-01-1-Q: Determination of orthophosphate in waters by flow injection analysis colorimetry. (Ilola 2011.)

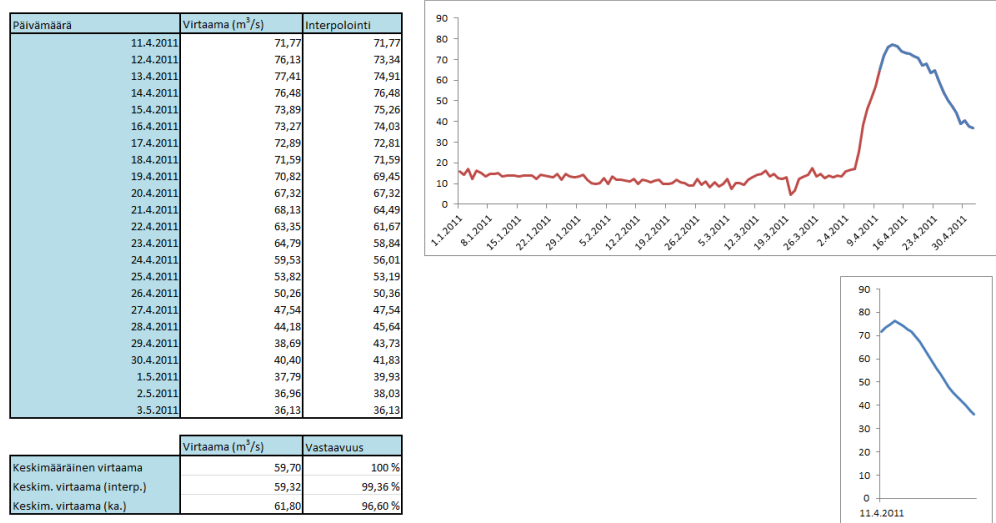
Liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuus kertoo sen humuspitoisuudesta. DOC-näytteet kestävästi myöhempää analyysiä varten laittamalla näytteisiin Finnpiipette-pipeteillä 40 µl 2 molaarista suolahappoliuosta (HCl). Liennut orgaaninen hiili määritettiin lopulta TOC 5000A -infrapunaspektrometrillä. (Ilola 2011.)

3.3 Laskentamenetelmät

Laskutoimitukset sisälsivät virtaama-, kuormitus- ja paikkatietolaskennat. Virtaama (m^3/s) laskettiin kertomalla uomassa virtaavan veden läpileikkuun pinta-ala (m^2) keskimääräisellä virtausnopeudella (m/s). Kenttäviikon piirroksia ja siihen kirjattuja pituusmittauksia apuna käyttäen pinta-ala saatiin laskettua Google SketchUp 8 -mallinnusohjelmalla. Tässä kaksiulotteiselle tasolle piirrettiin näytteenotopisteissä virtaavien vesien läpileikkuu ja ohjelma laski niiden pinta-alat. Jokaisen näytteenottokerran ja -paikan ojassa virtaavan veden keskimääräinen virtausnopeus laskettiin ynnäämällä virtausnopeudet ja jakamalla tulos siivikointikohtien lukumäärällä.

Kenttävihkoon kirjatut lämpötilat, virtaamatulokset ja tulokset laboraatioista kirjattiin Microsoftin Excel 2010 -ohjelmaan automaattista tietojenkäsittelyä varten. Näytteenottopisteiden sijainti ja mittaustulokset näkyvät liitteessä 1. Ravinnekuormitukset saatiin selville kertomalla ravinnepitoisuudet virtaamalla.

Tuloksista laskettiin keski-, minimi- ja maksimiarvot sekä interpoloinnilla saatiin vuorokausikohtaiset arvot ravinnepitoisuuksien, turbiditeettien ja virtausolosuhteiden muutoksista näytteenottoajanjakson ajalta. Suomen ympäristökeskuksen Ympäristö- ja paikkatietopalvelusta (OIVA) saatujen Vanajaveden laskennallisten virtaamien avulla voitiin selvittää interpoloinnin käyttökelpoisuutta kuuden näytteenottokerran välisille päiville (Suomalainen 2012b; Suomen ympäristökeskus 2012a). Vastaavuus oli yli 99 %, vaikka interpolointi tasoittaa käyrän hajontaa (kuvio 7).



KUVIO 7. Interpoloitujen tulosten vastaavuuden vertaaminen todellisiin arvoihin (Suomen ympäristökeskus 2012a)

Paikkatietoaineistolla selvitettiin näytteenottopisteiden valuma-alueet ja niiden maanpeite ja -käyttö. CSCn PaiTULi-paikkatietopalvelusta ladattuja rasteripohjaisia GIS-aineistoja tarkasteltiin ArcView GIS 9.0 -ohjelmiston ArcMap-ohjelmalla. Ensin SYKEN valuma-aluejakoaineistolla rajattiin lähi- ja kaukovaluma-alue ja sitten Maanmittauslaitoksen (MML) korkeusmalliaineistoa ja Metsähallituksen Retkikartta -verkkopalvelua käyttämällä selvitettiin näytteenottopisteiden valuma-alueet. Liitteessä 2 on kuvattuna lähivaluma-alueen rajaukset ja korkeuskäyrät. Tärkeimpänä Retkikartta-verkkopalvelussa näkyvät maanpinnan korkeuskäyrät ja veden virtaussuunnat ojissa.

SYKEN Corine Land Cover (CLC2006) -paikkatietoaineistolla selvitettiin näytteenottopisteiden ja koko lähivaluma-alueen maankäyttö (Valtion ympäristöhallinto 2011b). ArcMap-ohjelmalla aineistoa tarkasteltiin ja graafisessa näkymässä eri väreillä oli kuvattuna eri maanpeite- ja maankäyttötyypit. Tarkkuus CLC2006 – aineistossa on 25 m* 25 m, joten jokainen väripikseli kuvastaa kyseisen kokoista aluetta. Aineisto tallennettiin kuvatiedostoksi ja pinta-alat laskettiin pikselimäärin avulla ColorCount-ohjelmalla.

Liitteessä 3 on CLC2006-aineisto taustalla ja sen päällä lähivaluma-alueen ja sen osavaluma-alueiden rajaukset. Näytteenottopisteiden valuma-alueet ja niiden maankäyttö näkyvät liitteissä 4 ja 5. Liitteessä 6 on kerrottu prosentein, hehtaarein ja neliökilometreittäin eri valuma-alueiden maanpeitteet ja -käytöt sekä kerrotaan mitä CLC2006-aineiston värikoodit tarkoittavat. Selvitykset väreistä on peräisin SYKEN dokumentista (Suomen ympäristökeskus 2005, 1).

4 VALUMA-ALUEIDEN KUVAUS

Opinnäytetyössä vertaillaan kauko- ja lähivaluma-alueiden merkittävyyttä Vanajaveden valuma-alueen kuormittumiseen. Sitä varten vertaillaan eri valuma-alueiden pinta-aloja, maanpeitettä ja -käyttöä ja valuma-alueiden järvien ravinnepitävyyttä.

Valuma-alueiden maanpeite ja -käyttö on jaettu viiteen maankäyttöryhmään, jotka ovat metsä- ja kalliomaat, maatalousalueet, rakennetut alueet, kosteikot ja avosuot sekä vesialueet. Lähivaluma-alueen maankäyttötuloksia voidaan vertailla kaukovaluma-alueen käytöstä kertovan Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportin kanssa jaottelun johdosta (Kaipainen ym. 2009, 7). Tiedon esittely myös helpottuu. Metsä- ja kalliomaat käsittävät havumetsät, sekametsät, lehtimetsät, harvapuustoiset alueet ja kalliomaat. Maatalousalueet sisältävät pellot, laidunmaat ja pienpiirteiset maatalousmosaiikit. Rakennettuja alueita ovat väljästi rakennetut alueet, liikennealueet, maa-ainesten ottoalueet, teollisuuden ja palveluiden alueet sekä urheilun ja vapaa-ajan toiminta-alueet. Kosteikoilla ja avosoilla tarkoitetaan sisämaan kosteikkoja ja avosoita. Joet ja järvet kuuluvat vesialueisiin.

Professori Lauri Arvolan antamasta PowerPoint-esityksestä ja paikkatietoaineistosta on koottu tiedot näytteenottopisteiden valuma-alueiden sekä lähi- ja kaukovaluma-alueiden pinta-aloista (taulukko 5, liite 6) (Kaipainen ym. 2009, 7; Kiiltomäki, Andrejev, Leppäranta, Jaatinen & Arvola 2010, 3). Vuonna 1991 valmistuneessa Suomen vesistörekisterissä on numeroituna kaikki Suomen valuma-alueet ja rekisteri pitää sisällään tiedot niiden pinta-aloista ja järvisyyksistä. Nämä pinta-aratiedot poikkeavat vain hieman paikkatietoaineiston avulla saaduista. (Ekholm 1993, 11, 61, 69 - 70.)

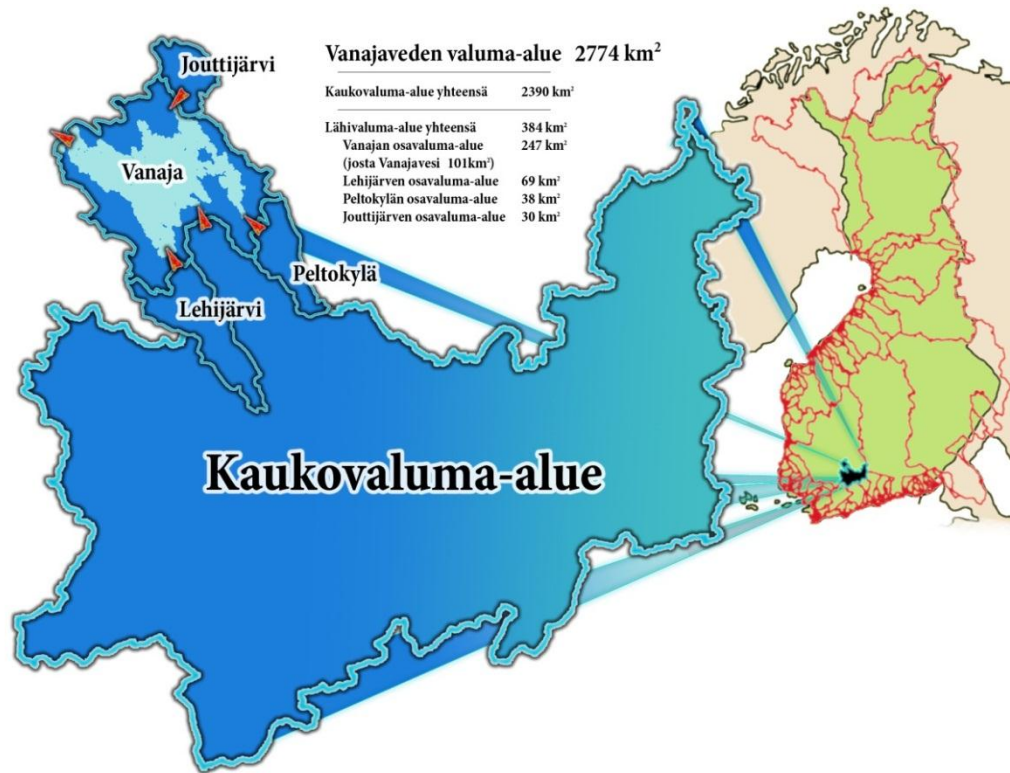
TAULUKKO 5. Valuma-alueiden pinta-alat sekä maankäyttöjakaumat, NOP:llä tarkoitetaan näytteenottopisteen valuma-aluetta

Valuma-alue	Pinta-ala (km ²)	Metsä- ja kalliomaat	Maatalousalueet	Vesialueet	Rakennetut alueet	Kosteikot ja avosuot
NOP 1 (Vanajan va:lla)	1,786	1,450 (81,2 %)	0,256 (14,3 %)	0	0,053 (3,0 %)	0,027 (1,5 %)
NOP 2 (Vanajan va:lla)	5,845	1,698 (29,0 %)	3,202 (54,8 %)	0,066 (1,1 %)	0,666 (11,4 %)	0,214 (3,7 %)
NOP 3 (Vanajan va:lla)	1,347	1,085 (80,6 %)	0,224 (16,6 %)	0	0,038 (2,8 %)	0
NOP 4 (Vanajan va:lla)	1,777	1,244 (70,0 %)	0,429 (24,2 %)	0	0,101 (5,7 %)	0,002 (0,1 %)
NOP 5 (Vanajan va:lla)	0,436	0,280 (64,2 %)	0,147 (33,6 %)	0	0,005 (1,1 %)	0,005 (1,1 %)
NOP 6 (Vanajan va:lla)	2,491	1,612 (64,7 %)	0,615 (24,7 %)	0,005 (0,2 %)	0,252 (10,1 %)	0,008 (0,3 %)
NOP 7 (Jouttijärven va:lla)	16,544	13,243 (80,0 %)	2,279 (13,8 %)	0,591 (3,6 %)	0,314 (1,9 %)	0,118 (0,7 %)
NOP 8 (Jouttijärven va:lla)	11,914	8,249 (69,2 %)	3,069 (25,8 %)	0,021 (0,2 %)	0,571 (4,8 %)	0,004 (0,0 %)
NOP 9 (Vanajan va:lla)	3,314	2,405 (72,6 %)	0,636 (19,2 %)	0,064 (1,9 %)	0,191 (5,8 %)	0,019 (0,6 %)
NOP 10 (Vanajan va:lla)	0,905	0,500 (55,3 %)	0,348 (38,5 %)	0	0,049 (5,4 %)	0,008 (0,9 %)
NOP 11 (Vanajan va:lla)	2,771	2,454 (88,6 %)	0,148 (5,3 %)	0	0,153 (5,5 %)	0,016 (0,6 %)
NOP 12 (Vanajan va:lla)	7,851	5,411 (68,9 %)	1,709 (21,8 %)	0	0,712 (9,1 %)	0,018 (0,2 %)
NOP 13 (Vanajan va:lla)	2,944	0,796 (27,0 %)	1,755 (59,6 %)	0	0,373 (12,7 %)	0,020 (0,7 %)
NOP 14 (Vanajan va:lla)	0,552	0,274 (49,7 %)	0,262 (47,5 %)	0	0,008 (1,4 %)	0,008 (1,4 %)
NOP 15 (Lehijärven ja Vanajan va:lla)	69,177	30,928 (44,7 %)	19,979 (28,9 %)	7,233 (10,5 %)	10,781 (15,6 %)	0,258 (0,4 %)
NOP 16 (Vanajan va:lla)	11,415	4,517 (39,6 %)	5,924 (51,9 %)	0	0,919 (8,2 %)	0,035 (0,3 %)
NOP 17 (Peltokylän ja Vanajan va:lla)	43,336	28,468 (65,7 %)	12,574 (29,0 %)	0,075 (0,2 %)	1,872 (4,3 %)	0,347 (0,8 %)
NOP 18 (Kaukovaluma-alueella)	2389,413	1502,998 (62,9 %)	506,397 (21,1 %)	131,328 (5,5 %)	195,874 (8,2 %)	52,816 (2,2 %)
Kokonaisvaluma-alue	2774,000	1664,400 (60,0 %)	582,540 (21,0 %)	249,660 (9,0 %)	221,920 (8,0 %)	55,480 (2,0 %)
Kaukovaluma-alue	2389,737	1503,465 (62,9 %)	506,558 (21,1 %)	131,112 (5,5 %)	195,771 (8,2 %)	52,831 (2,2 %)
Lähivaluma-alue (Kokonaisalue)	384,263	160,935 (41,8 %)	75,982 (19,8 %)	118,548 (30,8 %)	26,149 (6,8 %)	2,649 (0,7 %)
Lähivaluma-alue (Ilman Vanajavettä)	282,819	160,935 (56,9 %)	75,982 (26,9 %)	17,104 (6,0 %)	26,149 (9,2 %)	2,649 (0,9 %)
Lähivaluma-alue (Alueet, joissa NOP)	181,607	102,287 (56,3 %)	53,496 (29,5 %)	8,055 (4,4 %)	16,676 (9,2 %)	1,093 (0,6 %)
Lähivaluma-alue (Maa-alueet, joissa ei NOP)	101,212	58,648 (57,9 %)	22,486 (22,2 %)	9,049 (8,9 %)	9,473 (9,4 %)	1,556 (1,5 %)
Vanajan va (Kokonaisalue)	247,246	81,021 (32,8 %)	40,294 (16,3 %)	110,377 (44,6 %)	13,415 (5,4 %)	2,139 (0,9 %)
Vanajan va (Ilman Vanajavettä)	145,802	81,021 (32,8 %)	40,294 (29,5 %)	8,933 (3,6 %)	13,415 (5,4 %)	2,139 (1,6 %)
Vanajan va (Alueet, joissa NOP)	46,338	22,956 (49,4 %)	18,583 (40,1 %)	0,225 (0,5 %)	3,988 (8,6 %)	0,587 (1,3 %)
Vanajan va (Maa-alueet, joissa ei NOP)	99,464	58,065 (58,4 %)	21,711 (21,8 %)	8,708 (8,8 %)	9,427 (9,5 %)	1,552 (1,6 %)
Lehijärven va (Kokonaisalue)	68,563	30,520 (44,5 %)	19,874 (29,0 %)	7,205 (10,5 %)	10,740 (15,7 %)	0,224 (0,3 %)
Lehijärven va (Alueet, joissa NOP)	68,563	30,520 (44,5 %)	19,874 (29,0 %)	7,205 (10,5 %)	10,740 (14,9 %)	0,224 (0,3 %)
Lehijärven va (Alueet, joissa ei NOP)	0	0	0	0	0	0
Peltokylän va (Kokonaisalue)	38,274	27,193 (71,0 %)	9,603 (25,1 %)	0,012 (0,0 %)	1,311 (3,4 %)	0,156 (0,4 %)
Peltokylän va (Alueet, joissa NOP)	38,274	27,193 (71,0 %)	9,603 (25,1 %)	0,012 (0,0 %)	1,311 (3,4 %)	0,156 (0,4 %)
Peltokylän va (Alueet, joissa ei NOP)	0	0	0	0	0	0
Jouttijärven va (Kokonaisalue)	29,919	22,058 (73,7 %)	6,113 (20,4 %)	0,663 (2,2 %)	0,961 (3,2 %)	0,124 (0,4 %)
Jouttijärven va (Alueet, joissa NOP)	28,459	21,491 (75,5 %)	5,348 (18,8 %)	0,613 (2,2 %)	0,884 (3,1 %)	0,123 (0,4 %)
Jouttijärven va (Alueet, joissa ei NOP)	1,460	0,566 (38,8 %)	0,765 (52,4 %)	0,050 (3,4 %)	0,077 (5,3 %)	0,002 (0,1 %)

4.1 Vanajaveden valuma-alue

Vanajaveden valuma-alue on kymmenyksen kokoinen Suomen 4. suurimmasta 27 000 km²:n suuruudesta Kokemäenjoen vesistöalueesta. 2774 km²:n valuma-alueen 2390 km²:stä koostuu Vanajaveden kaukovaluma-alue ja 384 km²:stä sen lähivaluma-alue. Vanajaveden valuma-alueesta suurin osa on metsiä ja kalliomaita 60 % osuudella. Vanajanselän suurinta ravinnekuormittajaa, maatalousaluetta, on 21 % maankäyttöjakaumasta. Vesialueita on 9 %, rakennettuja alueita on 8 % sekä kosteikkoja ja avosoita on 2 % valuma-alueen pinta-alasta. (Kaipainen ym. 2009, 6 - 7.) Kokemäenjoen valuma-alueella sataa 600 mm/v, josta haihtuu yli 300 mm/v ja valuu alle 300 mm/v (Suomalainen 2012a).

Lähivaluma-alueen pinta-alasta näytteenottopisteiden valuma-alueet kattavat 182 km² ja Vanajavesi 101 km² (liite 4). Kuormitustietoja näytteenoton ajankohdalta ei ole 101 km²:n maa-alueelta (liite 5). Lähivaluma-alue koostuu Vanajan, Jouttijärven, Peltokylän ja Lehijärven osavaluma-alueista (kuvio 8, liite 3) (Ekholm 1993, 11; Latauspalvelu LAPIO 2011).



KUVIO 8. Vanajaveden valuma-alueen kaukovaluma-alue ja lähivaluma-alueen osavaluma-alueet sekä niiden sijainti Suomen vesistöissä

Suurin osa lähivaluma-alueen pinta-alasta on Vanajan valuma-alueella, jonka keskellä sijaitsee Vanajavesi. Lehijärven, Peltokylän ja Jouttijärven valuma-alueilta valumavedet virtaavat Vanajaveteen isoja jokia pitkin. Vanajan valuma-alueella vedet valuvat Vanajaveteen enimmäkseen pienien virtaamapaikkojen kautta.

4.2 Vanajaveden kaukovaluma-alue

Kaukovaluma-alueelta vedet virtaavat Miemalanselältä Hämeenlinnan keskustan läpi Lepaan virtaa pitkin Vanajanselälle (kuvio 1) (Metsähallitus 2011). Vanajan reitin valuma-alueen alarajalle (vesistörekisterinumero 35.8) Miemalanselälle valumavedet virtaavat yhdeksästä valuma-alueesta, mitkä koostuvat yhteensä 42 osavaluma-alueesta. (Ekholm 1993, 69 - 70; Kaipainen ym. 2009, 21.)

Yhdeksästä lopulta Miemalanselälle johtavasta valuma-alueesta kaukaisin on Teuronjoen valuma-alue. Sen kaikkien kahdeksan osavaluma-alueen pinta-ala on 439 km² ja järvisyys on 5 %. Alueella on yksi Suomen syvimmistä järvistä; syvimmillään 85 metriä ja keskimäärin 15 metriä syvä Pääjärvi. Sen valuma-alueen pinta-ala on 212 km², alueen järvisyys 8 %, viipymä 3,3 vuotta ja vedenlaatu hyvä. Pääjärveltä vesi virtaa Teuronjokea pitkin Hämeenkosken keskustan läpi Mommilanjärveen. Hämeenkosken ja Kärkölän jätevedenpuhdistamoiden purkuvedet johdetaan myös Teuronjokeen. (Ekholm 1993, 69; Kaipainen ym. 2009, 16 - 17, 21; Valtion ympäristöhallinto 2010.)

Mommilanjärveen valumavedet virtaavat myös Luhdanjoen ja Pätilänjoen valuma-alueelta. Luhdanjoen valuma-alueen pinta-ala on 84 km² ja järvisyys 1 %. Pätilänjoen valuma-alueen vastaavat luvut ovat 87 km² ja 1 %. Alueilla ei ole suuria järviä, eikä pistekuormittajia. (Ekholm 1993, 69; Kaipainen ym. 2009, 17, 21.)

Mommilanjärvestä vesi virtaa Ansionjärveen ja aina Kernaalanjärveen asti Puujokea pitkin. Tällä Puujoen alueella on pinta-alaa 378 km² ja järvisyys on 2 %. Puujoen alue koostuu yhdeksästä osavaluma-alueesta, joiden suurimmat asutuskukset ovat Oitti ja Riihimäen keskustan pohjoisosa. Suurimpia pistekuormittajia alueella ovat Vapo Oy Röyhynsuolla ja Vapo-konserniin kuuluva Kekkilä Oyj Sammalistonsuolla. (Ekholm 1993, 69; Kaipainen ym. 2009, 16 - 17, 21; Metsähallitus 2011; Kekkilä Oy 2012.)

Kolmen muun valuma-alueen vedet virtaavat myös Kernaalanjärveen. Tervajoen valuma-alue koostuu kuudesta osavaluma-alueesta, ja niiden yhteenlaskettu pinta-ala on 257 km² ja järvisyys 9 %. Loppijärveltä Nummistenjokea pitkin virtaava

vesi kulkee Lopin keskustan läheltä Kesijärvelle, mistä se Toivanjokea pitkin kulkee Janakkalan Tervakosken keskustan viereiseen Alasjärveen. Alasjärven ja Kernaalanjärven välissä on Tervajoki, minkä varrella on merkittävinä pistekuormittajina Janakkalan kunnan vesihuoltolaitos II ja Tervakosken paperitehdas. (Ekholm 1993, 69; Kaipainen ym. 2009, 16-17, 21; Metsähallitus 2011.)

Hyvikkälänjoen valuma-alueella valumavedet virtaavat Renkajokea ja Kaartjokea pitkin Haapajärveen ja lopulta Hyvikkälänjokea pitkin Kernaalanjärveen. Renkajoki virtaa Renkajärvestä Hämeenlinnan Rengon keskustan läpi Haapajärveen. Joen varrella on Finnforest Oy:n saha ja Vapo Oy:n Väärälammensuon pistekuormituslähteet. Kaartjärven valuma-alueen pienistä järvistä vedet virtaavat Kaartjärveen ja Kaartjokea pitkin aina Haapajärveen asti, missä ne sekoittuvat Renkajoen vesien kanssa. Hyvikkälänjoen valuma-alue koostuu yhdeksästä yhteensä 565 km²:n osavaluma-alueesta ja sen järvisyys on 7 %. (Ekholm 1993, 69 - 70; Kaipainen ym. 2009, 16 - 17, 21; Metsähallitus 2011.)

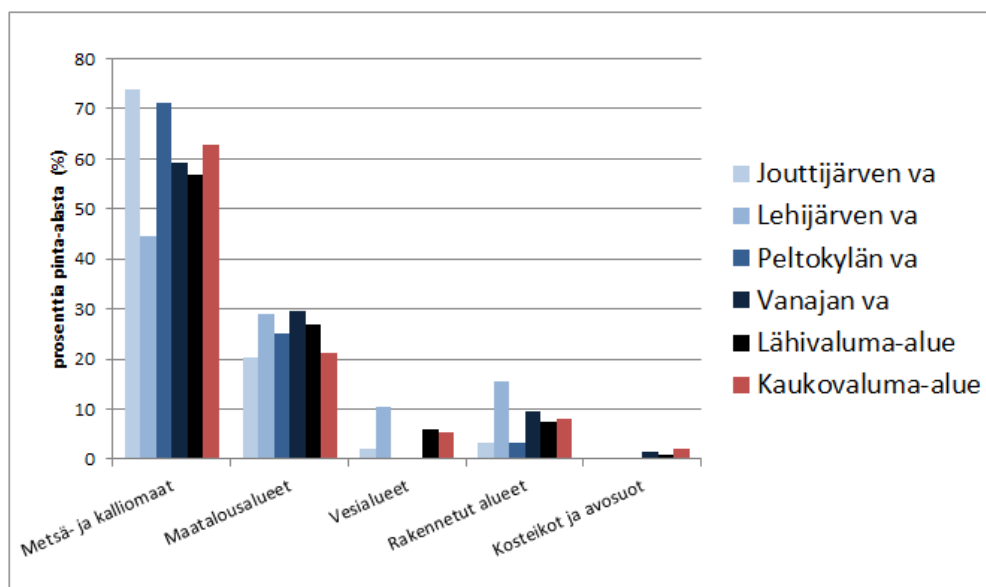
Räikälänjoen valuma-alue koostuu kolmesta yhteensä 189 km²:n osavaluma-alueesta ja sen järvisyys on 9 %. Kernaalanjärvestä kauimmaisen valuma-alueen vedet valuvat Takajärveen ja virtaavat sieltä Alajokea pitkin Alajärveen. Alajärvestä pinta-alaltaan pienempien järvien kautta vesi kulkeutuu lopulta Räikälänjokea pitkin Kernaalanjärveen. (Ekholm 1993, 69 - 70; Kaipainen ym. 2009, 16 - 17, 21; Metsähallitus 2011.)

Kernaalanjärvestä lähtevä Hiidenjoki virtaa Janakkalan Turengin keskustan viereistä Miemalanselälle. Tämän Hiidenjoen alue koostuu kahdesta osavaluma-alueesta, joiden yhteinen pinta-ala on 99 km² ja järvisyys 5 %. Janakkalan kunnan vesihuoltolaitos I ja Sucros Oy:n Turengin tehdas ovat Hiidenjoen pistekuormittajia. Hiidenjokeen virtaa myös Sääjärvenojaa pitkin Hiidenjoaan virtaavat neljän pienen järven alueelta valumavedet. Sääjärven valuma-alueen pinta-ala on 92 km² ja järvisyys alueella on 9 %. Vapo-konserniin kuuluvalla Kekkilä Oy:llä on pieni pistekuormituslähde Roitonsuolla. (Ekholm 1993, 69; Kaipainen ym. 2009, 21; Metsähallitus 2011.)

Miimalanselältä vesi virtaa Hämeenlinnan ja Hattulan keskustan sekä Paroisten jätevedenpuhdistamon purkupaikan läpi kohti Hattulanselkää ja lopulta kohti Vanajavettä. Tällä välillä on kolme osavaluma-aluetta, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on 163 km² ja järvisyys 10 %. Hämeen ammattikorkeakoulu on pieni piste-kuormittaja Vanajaveteen johtavan Lepaan virran varrella. (Ekholm 1993, 61; Jäteveden johtaminen Hämeenlinnan Paroisten puhdistamolta Vanajaveteen 2005, 6; Metsähallitus 2011.)

4.3 Vanajaveden lähivaluma-alue

Lähivaluma-alueesta 57 % on metsä- ja kalliomaita. Lehijärven suuren koon takia Lehijärven valuma-alueella ei metsä- ja kalliomaita ole kuin 44 %. Jouttijärven ja Peltokylän valuma-alueilla kuitenkin jopa yli 70 %. Maatalousalueita on kaukovaluma-aluetta enemmän muissa, paitsi Jouttijärven valuma-alueessa. Määrät ovat 20-30 % kaikilla valuma-alueilla. Vanajaveden lähi- ja kaukovaluma-alueiden maankäyttöjakaumat on esitetty kuviossa 9. Vanajan valuma-alueelle ei ole laskettu mukaan Vanajavettä.



KUVIO 9. Vanajaveden lähi- ja kaukovaluma-alueiden maankäyttöjakaumat

Jouttijärven valuma-alueen 30 km²:n ala sijaitsee pohjoisessa Vanajan valuma-alueesta. Vanajaveden Uskilanlahteen valumavedet virtaavat Rompainojaa pitkin. Järvisyys on 2 %, ja se koostuu Jouttijärven lisäksi pienemmästä Keskisjärvestä. (Ekholm 1993, 61.) Alueen keskikaltevuus on 2,8 %, peltopinta-alaa on 577 ha ja VEMALA kuormituslaskenta osoittaa pelloilta tulevan valuman keskimääräisen fosforipitoisuuden 432,19 µg/l:ksi (Suomen ympäristökeskus 2012a). Metsä- ja kalliomaita alueella on 74 %, maatalousalueita 20 %, vesialueita 2,2 %, rakennettuja alueita 3,2 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,4 % (liite 6). Suomen vesistöalue-rekisterissä tämän vesistöalueen osan nimi on Rompainojan valuma-alue ja sen numero on 35.234 (Ekholm 1993, 61).

Lehijärven valuma-alueen ala on 69 km², ja sen alarajana on Heinunlahti Vanajaveden eteläpuolella. Vesi virtaa Heinunlahteen Leteenojaa pitkin. Järven pinta-ala on 10 % valuma-alueesta ja järvisyys on saman verran, koska muita järviä alueella ei ole. Suurin syvyys keskussyvänteessä on 18 metriä, keskisyvyys on 6 metriä ja keskiviipymä on yli 3 vuotta. Lehijärvi on ekologiselta luokaltaan tyydyttävä. (Ekholm 1993, 61; Kaipainen ym. 2009, 10; Lehijärven suojeluyhdistys ry 2011.) Alueen keskikaltevuus on 1,9 %, peltopinta-alaa on 1935 ha ja VEMALA kuormituslaskenta osoittaa pelloilta tulevan valuman keskimääräisen fosforipitoisuuden 380,21 µg/l:ksi (Suomen ympäristökeskus 2012a). Alueesta metsä- ja kalliomaita on 45 %, maatalousalueita 29 %, vesialueita 10 %, rakennettuja alueita 15 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,3 % (liite 6). Suomen vesistöalue-rekisterissä tämän vesistöalueen osan nimi on Leteenojan valuma-alue ja sen numero on 35.237 (Ekholm 1993, 61).

Peltokylän 38 km²:n valuma-alueelta vesi virtaa Valteenjokea pitkin Lusinselälle Vanajaveden itäpuolella (Ekholm 1993, 61). Alueen keskikaltevuus on 1,9 %, peltopinta-alaa on 945 ha ja VEMALA kuormituslaskenta osoittaa pelloilta tulevan valuman keskimääräisen fosforipitoisuuden 393,40 µg/l:ksi (Suomen ympäristökeskus 2012a). Metsä- ja kalliomaita on 71 %, maatalousalueita 25 %, vesialueita 0 %, rakennettuja alueita 3 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,4 % alueen pinta-alasta (liite 6). Suomen vesistöalue-rekisterissä tämän vesistöalueen osan nimi on Valteenjoen valuma-alue ja sen numero on 35.235 (Ekholm 1993, 61).

Vanajan valuma-alue on Vanajaveden lähivaluma-alueen suurin, pinta-alaltaan 247 km². Alueen järvisyys on hieman yli 40 %, joten alasta suuri osa on hieman yli 100 km²:n kokoista Vanajavettä. Vanajavesi on suuri humusjärvi, minkä ekologinen luokka on tyydyttävä. Järven keskisyvyys on 3,25 metriä ja suurin syvyys 9,66 metriä. Veden keskiviipymä Vanajanselällä on 420 vrk ja näistä syistä se on tehokas ravinteita pidättävä sedimentaatioallas. Melkein sadasta järven saaresta Retulansaari on lähes neliökilometrin kokoinen. Lähivaluma-alue on pinnanmuodoiltaan tasaista ja keskikaltevuus on vain 2,1 % (Ekholm 1993, 61; Lampen & Viitamäki 2002, 6; Kaipainen ym. 2009, 6, 10; Metsähallitus 2011; Suomen ympäristökeskus 2012b.)

VEMALA kuormituslaskenta laskee pelloilta tulevan valunnan fosforipitoisuudeksi 409, 45 µg/l (Suomen ympäristökeskus 2012a). Alarajana on Sääksmäen silta, mistä vesi virtaa Rauttunselälle. Suomen vesistöaluerekisterissä tämän vesistöalueen osan nimi on Vanajanselän lähialue ja sen numero on 35.231 (Ekholm 1993, 61).

4.4 Kauko- ja lähivaluma-alueiden vertaaminen

Tarkasteltaessa Vanajanselkää kuormittavaa aluetta on Vanajanselän pinta-ala syytä vähentää Vanajaveden valuma-alueen pinta-alasta. Tällöin Vanajaveden valuma-alueella metsiä ja kalliomaita on 62 %, maatalousalueita 22 %, rakennettuja alueita 8 %, kosteikkoja ja avosoita 2 % sekä vesialueita 6 %. Lähivaluma-alueella metsiä ja kalliomaita on kuitenkin vain 57 %, kun maatalousalueita 27 %, rakennettuja alueita 9 %, kosteikkoja ja avosoita 1 % sekä vesialueita 6 % (liite 6).

Kokonais- ja kaukovaluma-alueen maankäytöt ovat vastaavanlaisia. Erot niiden jokaisessa maankäyttöjakaumassa ovat alle prosentit. Maankäyttöjakaumatiedoista on koottu kauko- ja lähivaluma-alueiden osuudet Vanajan valuma-alueesta (taulukko 6, liite 6). (Kaipainen ym. 2009, 6 - 7; Kiiltomäki ym. 2010, 3.)

TAULUKKO 6. Vanajan valuma-alueen maanpeitteen ja maankäytön pinta-ala- ja prosenttijakauma kauko- ja lähivaluma-alueella ilman 101 km²:n Vanajavettä

	Kokonaisvaluma (km ²)	Kaukovaluma (km ²)	Lähivaluma (km ²)
Metsä- ja kalliomaat	1664 (62 %)	1504 (63 %)	161 (57 %)
Maatalousalueet	583 (22 %)	507 (21 %)	76 (27 %)
Rakennetut alueet	222 (8 %)	196 (8 %)	26 (9 %)
Kosteikot ja avosuot	55 (2 %)	53 (2 %)	3 (1 %)
Vesialueet	149 (6 %)	131 (5 %)	17 (6 %)
Kokonaismaanpeite ja -käyttö	2673 (100 %)	2390 (100 %)	283 (100 %)

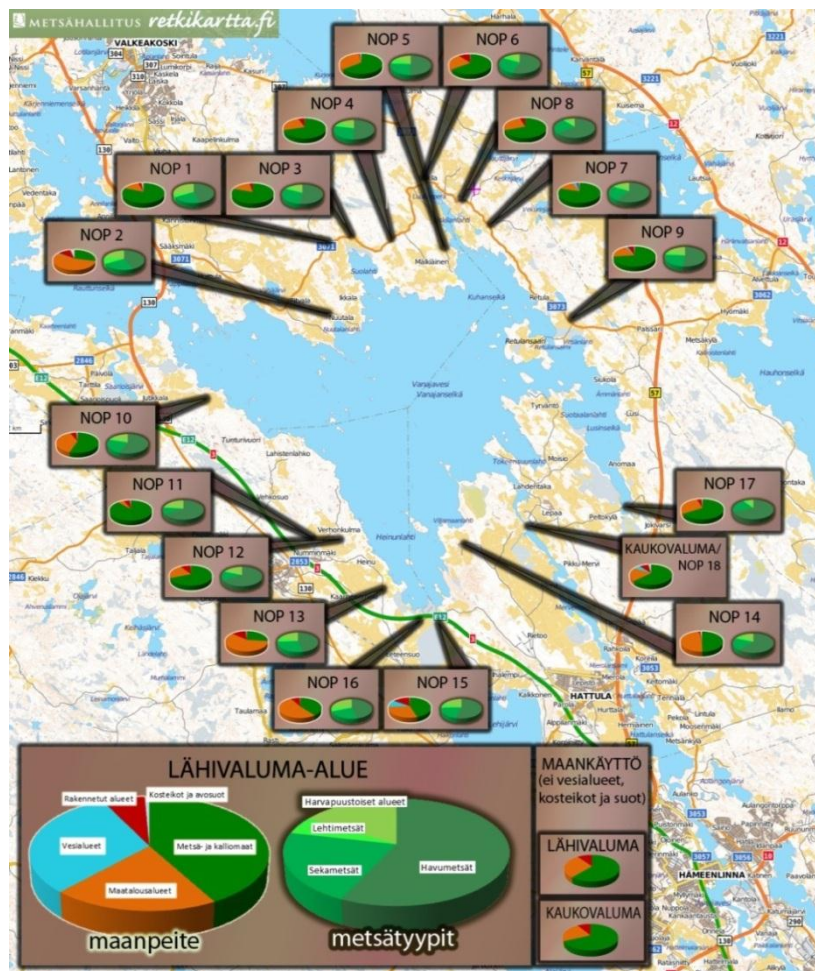
Vanajaveden noin 2 700 km²:n valuma-alueen pinta-alasta 84 % on kaukovaluma-alueella (liite 6) (Kaipainen ym. 2009, 6). Kun Vanajaveden pinta-alaa ei oteta huomioon, niin Vanajaveteen vaikuttavasta alueesta 89 % on kaukovaluma-alueella ja 11 % lähivaluma-alueella (taulukko 7).

TAULUKKO 7. Kokonaisvaluma-alueen maanpeitteen jakautuminen kauko- ja lähivaluma-alueella

	Kaukovaluma	Lähivaluma
Metsä- ja kalliomaat	90 %	10 %
Maatalousalueet	87 %	13 %
Vesialueet	88 %	12 %
Rakennetut alueet	88 %	12 %
Kosteikot ja avosuot	95 %	5 %
Kokonaismaanpeite	89 %	11 %

4.5 Näytteenottopisteiden valuma-alueet

Näytteenottopisteitä kuvaa niiden sijainti, valuma-alueen pinta-ala sekä maanpeite ja -käyttö. Näytteenottopisteitä on yhteensä 18. Näytteenottopiste 18 on kaukovalumapiste, koska siihen virtaa valumavedet kaukovaluma-alueelta. Näytteenottopisteet 1-17, eli muut pisteet, ovat lähivalumapisteitä (liite 4). Paikkatietoaineiston ja Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportin avulla selvisi näytteenottopisteiden valuma-alueiden maankäyttäjakauma (kuvio 10, liitteet 1 ja 6) (Kaipainen ym. 2009, 7; Metsähallitus 2011).



KUVIO 10. Kartta-aineiston päällä näytteenottopisteiden, lähi- ja kaukovaluma-alueen maankäyttö- ja metsätyyppijakaumakaaviot (Metsähallitus 2011)

4.5.1 Näytteenottopisteiden ryhmittely

Näytteenottopisteet voidaan järjestää erilaisin tavoin. Numeroinnit kertovat näytteenottopisteiden sijainnista. Näytteenottopisteet 1-9 sijaitsevat Vanajaveden pohjoispuolella ja pisteet 10-18 sen eteläpuolella. Näytteenottopisteet on kuitenkin jaoteltu ryhmiin niiden suuren määrän vuoksi. Opinnäytetyössä pääpainona on näytteenottopisteiden ravinnepitoisuudet sekä niiden valuma-alueiden maankäyttö. Koska ravinnepitoisuudet ovat kovin vaihtelevia, on ryhmittely tehty maankäytön mukaan. Kaksi suurinta maankäyttöaluetta kunkin näytteenottopisteen valuma-alueella ovat maatalousalueet ja metsätalousalueet. Ryhmäjaottelu on tehty näytteenottopisteiden valuma-alueiden maatalousalueiden suhteesta metsätalousalueisiin (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Näytteenottopisteiden jakaminen kolmeen ryhmään perusteena maatalouden pinta-alan suhde metsätalousalueiden pinta-alaan

Näytteenottopiste	Metsätalousalueet (%)	Maatalousalueet (%)	Maatalousalue/Metsätalousalue (%)	Ryhmä
NOP 1	81,08	14,32	18 %	3
NOP 2	28,99	54,78	189 %	1
NOP 3	80,49	16,63	21 %	3
NOP 4	70,03	24,17	35 %	2
NOP 5	64,23	33,63	52 %	2
NOP 6	64,67	24,68	38 %	2
NOP 7	80,02	13,77	17 %	3
NOP 8	69,22	25,76	37 %	2
NOP 9	72,56	19,18	26 %	3
NOP 10	55,27	38,47	70 %	1
NOP 11	88,56	5,34	6 %	3
NOP 12	68,93	21,77	32 %	2
NOP 13	27,04	59,61	220 %	1
NOP 14	49,72	47,47	95 %	1
NOP 15	44,69	28,88	65 %	1
NOP 16	39,57	51,89	131 %	1
NOP 17	65,69	29,02	44 %	2
NOP 18 (Kaukovaluma)	62,90	21,19	34 %	(2)

Ryhmä 1 koostuu näytteenottopisteiden maatalousvaltaisimmista valuma-alueista. Hajonta on suurin tässä ryhmässä, koska näytteenottopisteiden 2 ja 13 valuma-alueiden pinta-alasta suurimmillaan maatalousalueita on kaksinkertainen määrä metsätalousalueisiin nähden. Pienimmillään kaksi kolmasosaa pisteissä 10 ja 15. Ryhmässä 2 on maatalousalueita kolmanneksesta puoleen. Kaukovaluma-aluetta kuvaava piste 18 kuuluisi pinta-alojensa puolesta ryhmään 2, mutta on kuitenkin kuvattu kuvioissa ja taulukoissa erikseen. Ryhmässä 3 on metsätalousvaltaiset valuma-alueet, joissa maatalousalueita on alle kolmannes suhteessa metsätalousalueisiin.

4.5.2 Vanajaveden pohjoispuolen näytteenottopisteet ja niiden valuma-alueet

Vanajaveden pohjois- ja eteläpuolisten näytteenottopisteiden valuma-alueet poikkesivat toisistaan. Pohjoisilla alueilla maatalousalueita oli prosentuaalisesti vähemmän pinta-alasta ja lumet sulivat myöhemmin. Vanajaveden pohjoispuolella oli 9 näytteenottopistettä. Pisteistä 1, 3 ja 4 virtaavat vedet Suolahteen, pisteestä 2 Nuutalanlahteen, pisteistä 5-8 Uskylanlahteen ja pisteestä 9 Retulansalmeen. Näytteenottopisteet 1 - 4 ja 6 sijaitsevat 3071-tien, piste 5 13951-tien ja pisteet 7 - 9 3073-tien varrella. Näytteenottopisteet 7-9 ovat Hattulassa, mutta muut Vanajaveden pohjoispuoliset pisteet ovat Valkeakosken alueella. Näistä 7 ja 8 sijaitsevat Jouttijärven valuma-alueella muiden Vanajaveden pohjoispuolen pisteiden ollessa Vanajan valuma-alueella.

Näytteenottopiste 1 sijaitsee Valkeakoskella Ritvalanraitin varrella Vanajaveden pohjoispuolella (KKJ: 6792019P ja 3348437I, liite 1). Samalla tiellä Vanajan valuma-alueella on myös näytteenottopisteet 3 ja 4. Virtaama kulkee havumetsän ja peltoaukean välistä tien alla olevaan rumpuun. Tien toisella puolella taas isokivistä jyrkähköä rinnettä pitkin ojaan peltoaukeiden välille ja lopulta Suolahteen. Rinneessä veden virtaama 11.4.2011 oli $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ nopeudella $0,41 \text{ m/s}$. Lumien jo sulattua 3.5.2011 virtaama oli $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ nopeudella $0,29 \text{ m/s}$. Korkein mitattu virtaama saatiin 18.4.2011, kun vettä virtasi $0,16 \text{ m}^3/\text{s}$ nopeudella $0,61 \text{ m/s}$. Tämä $1,8 \text{ km}^2$:n valuma-alue kuuluu ryhmään 3 suurten metsätalousalueiden takia. Maankäyttörhmittäin pinta-alasta metsä- ja kalliomaita on yhteensä 81 %, maatalousalueita 14 %, vesialueita 0 %, rakennettuja alueita 3,0 % sekä kosteikkoja ja avosoita 1,5 %. Metsä- ja kalliomaat koostuvat enimmäkseen havumetsistä, sekametsistä ja harvapuustoisista alueista. Maatalousalueet ovat peltoja, eikä laidunmaita ole.

Näytteenottopiste 2 sijaitsee Nuutalantien varrella Vanajan valuma-alueella (KKJ: 6789301P ja 3348156I, liite 1). Nuutalantie on Ritvalanraitilta Ritvalan keskustasta kääntyvä pieni maantie. Ritvalassa valumavedet virtaavat Vähäjärven luonnonsuojelualueelle ja sieltä Sillansuunojaa pitkin Multiusojaan. Kaltevien peltoalueiden ympäröimästä Multiusojasta vesi virtaa sillan alla olevaan kahteen rumpuun.

Rummuista virtaus etenee Nuutalanlahteen peltoaukeiden välistä. Peltoaukeiden ja Multiusojan välinen monen metrin leveyksinen koivikko toimii suojavyöhykkeenä. Sillan alla veden virtaama kahdesta rummusta 11.4.2011 oli 0,32 m³/s ja 3.5.2011 0,01 m³/s. Korkein mitattu virtaama saatiin ensimmäisenä näytteenotokertana 11.4.2011. 5,8 km²:n valuma-alue kuuluu ryhmään 1 suurten peltoalueiden takia. Pinta-alasta metsä- ja kalliomaita on yhteensä 29 %, maatalousalueita 55 %, vesialueita 1,1 %, rakennettuja alueita 11,4 % sekä kosteikkoja ja avosoita 3,7 %. Metsä- ja kalliomaat koostuvat enimmäkseen havumetsistä, sekametsistä ja harvapuustoisista alueista. Rakennetuista alueista 33 hehtaaria on väljästi rakennettuja asuinalueita, 14 hehtaaria liikennealueita sekä teollisuuden ja palveluiden alueita on 9 hehtaarin alalta. Maatalousalueet ovat lähes kokonaan peltoja. Laidunmaita on kuitenkin puoli hehtaaria.

Näytteenottopiste 3 sijaitsee Ritvalanraitin varrella 400 metrin etäisyydellä pisteestä 1 (KKJ: 6792260P ja 3349113I, liite 1). Pistettä 3 ympäröivä peltoalue on tasainen muualla paitsi koillispuolella Hypperin loivassa rinteessä (kuvio 11). Peltoalueita valuma-alueella ei ole muuten kuin näytteenottopisteen läheisyydessä. Tien toisella puolella peltoalueet jatkuvat Vanajaveden Suolahteen saakka. Rummussa tien alla veden virtaama 11.4.2011 oli 0,13 m³/s nopeudella 0,28 m/s. Lumien jo sulattua 3.5.2011 virtaama oli 0,04 m³/s nopeudella 0,43 m/s. Korkein mitattu virtaama saatiin 18.4.2011, kun vettä virtasi 0,38 m³/s nopeudella 0,81 m/s. Näytteenottopisteen 3 pinta-alaltaan 1,3 km²:n valuma-alue kuuluu ryhmään 3 suurten havumetsäalueiden takia. Pinta-alasta metsä- ja kalliomaita on yhteensä 81 %, maatalousalueita 17 %, vesialueita 0 %, rakennettuja alueita 2,8 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0 %. Maatalousalueet ovat peltoja, ja metsä- ja kalliomaat koostuvat enimmäkseen havu- ja sekametsistä.



KUVIO 11. Näytteenottopisteen 3 tasaista ja kaltevampaa peltoalaa 11.4.2011

Näytteenottopiste 4 sijaitsee 3071-tiellä missä Ritvalanraitti muuttuu Koivukujaksi (KKJ: 6792075P ja 3350687I, liite 1). Murron ja Heikerin peltoaukeita myöten Myllyoja virtaa kohti 3071-tietä. Peltoalueita ympäröi rinteiset havumetsät. Virtaama kulkee rumpua pitkin tien alta peltoalueen läpi Suolahteen. Rummussa virtaama 11.4.2011 oli $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ nopeudella $0,31 \text{ m/s}$. Lumien jo sulattua 3.5.2011 virtaama oli $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ nopeudella $0,22 \text{ m/s}$. Korkein mitattu virtaama saatiin 18.4.2011, kun vettä virtasi $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ nopeudella $0,46 \text{ m/s}$. $1,8 \text{ km}^2$:n valuma-alue kuuluu ryhmään 2 havumetsäalueiden ja ojan varrella olevien peltoalueiden takia. Pinta-alasta metsä- ja kalliomaita on yhteensä 70 %, maatalousalueita 24 %, vesialueita 0 %, rakennettuja alueita 5,7 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,1 %. Metsä- ja kalliomaat koostuvat enimmäkseen havu- ja sekametsistä ja maatalousalueet kokonaan pelloista.

Näytteenottopisteen 5 valuma-alue on kooltaan vain $0,44 \text{ km}^2$. Se sijaitsee Mälkiäisessä Mälkiäistentien varrella Vanajan valuma-alueella (KKJ: 6791791P ja 3352747I, liite 1). Valumavedet virtaavat havumetsärinteiltä uomaan, mitä ympäröivät Uskilaanlahteen asti peltoalueet (kuvio 12). Noin 500 metriä pitkä uoma kulkee Mälkiäistentien ali pientä rumpua myöten. Virtaama siinä 11.4.2011 oli $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ nopeudella $1,7 \text{ m/s}$, kun 3.5.2011 virtaama oli vain kymmeneksen tästä nopeudella $0,79 \text{ m/s}$. Korkein virtaama rummusta saatiin 18.4.2011, kun siitä virtasi $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ virtausnopeuden ollessa $1,57 \text{ m/s}$. Havumetsä- ja peltoalueiden täyttämä valuma-alue kuuluu ryhmään 2. Pinta-alasta metsä- ja kalliomaita on 64 %, maatalousalueita 34 %, vesialueita 0 %, rakennettuja alueita 1,1 % sekä kosteikkoja ja avosoita 1,1 %.



KUVIO 12. Näytteenottopisteen 5 kaltevaa ja lumista peltoalaa 11.4.2011

Näytteenottopisteen 6 valuma-alue on 2,5 km²:n kokoinen, ja se sijaitsee Vanajan valuma-alueella Valkeakosken Uskilassa Koivukujalla lähellä Uskilantien risteystä (KKJ: 6794300P ja 3352031I, liite 1). Maaraankorven havupuualueilta valumavedet virtaavat uomaan viettävien Uskilan peltojen läpi Luukonperään Uskilanlahden perukoilla. Näytteenottopiste on tierummun edustalla. Virtaamatulokseksi 11.4.2011 saatiin 0,23 m³/s ja virtausnopeudeksi 0,68 m/s. Virtaama oli 3.5.2011 laskenut jo 0,02 m³:iin/s ja virtausnopeus 0,07 m:iin/s. Virtaama oli suurimmillaan näytteenottoajanjakson aikana 18.4.2011, jolloin vettä virtasi 0,33 m³/s nopeudella 0,84 m/s. Alue kuuluu ryhmään 2, kun pinta-alasta metsä- ja kalliomaita on 65 %, maatalousalueita 25 %, vesialueita 0,2 %, rakennettuja alueita 10 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,3 %. Metsäala on enimmäkseen havu- ja sekametsää sekä rakennetut alueet asuinalueita ja liikennealueita.

Näytteenottopisteiden 7 ja 8 valumavedet virtaavat Uskilanlahteen Jouttijärven valuma-alueelta. Näytteenottopisteen 7 valuma-alue on kooltaan 16,5 km². Se sijaitsee Retulantiellä 2 km:n päässä Uskilantien ja Koivukujan risteysalueesta (KKJ: 6792801P ja 3354279, liite 1). Valuma-alueen vedet virtaavat havumetsäalueilta Jouttijärvelle ja sieltä kohti Retulantietä. Näytteenottopistettä edeltävät pellot viettävät loivasti puskaiseen ojaan, josta vesi kulkeutuu tien alitse kulkevan rummun kautta kohti Lampista ja Rompsinojaa. Rummun tulopuolen edustalla virtaama 11.4.2011 oli 0,19 m³/s virtausnopeudella 1,10 m/s ja 3.5.2011 virtaama oli 0,28 m³/s virtausnopeudella 0,70 m/s. Suurimmillaan 0,96 m³/s:n virtaama mitattiin 18.4.2011 veden virratessa keskimäärin nopeudella 1,04 m/s. Valuma-alue kuuluu ryhmään 3 Jouttijärven ympärillä olevien metsäalueiden takia. Metsä- ja kalliomaita alueesta on 80 %, maatalousalueita 14 %, vesialueita 3,6 %, rakennettuja alueita 1,9 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,7 %. Metsäpinta-alasta suurin osa on havu- ja sekametsää ja vesialueet käsittävät Jouttijärven ja pienemmän Keskisjärven.

Näytteenottopiste 8 sijaitsee Retulantiellä näytteenottopisteiden 6 ja 7 välissä aivan Pirkanmaan ja Kanta-Hämeen rajan tuntumassa Hattulan puolella (KKJ: 6793366P ja 3355495I, liite 1). Valumavedet alueelta virtaavat Pukkilanojaan, joka yhtyy Rompsinojan kanssa ennen Uskilanlahtea. Valuma-alue on kooltaan 11,9 km², ja se kattaa yhdessä näytteenottopisteen 7 valuma-alueen kanssa 95 %

Jouttijärven valuma-alueesta. Murronmäestä valumavedet virtaavat korpialueiden läpi ojiin ja lähellä Pukkilanojaa niitä alkavat ympäröidä peltoalueet. Pukkilanoja päättyy Supanlampeen, mistä vesi kulkeutuu ojaa myöten koivikkoiselle näytteenottopisteelle. Virtaama rummun edustalla 11.4.2011 oli $1,11 \text{ m}^3/\text{s}$, kun se 3.5.2011 oli laskenut jo $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$:iin. Virtausnopeus samalla ajalla oli laskenut $0,60 \text{ m}$:stä/s $0,10 \text{ m}$:iin/s. Suurin $1,16 \text{ m}^3/\text{n}$ /s virtaama oli 18.4.2011 virtausnopeudella $0,55 \text{ m/s}$. Metsä- ja kalliomaita alueesta on 69 %, maatalousalueita 26 %, vesialueita 0,2 %, rakennettuja alueita 4,8 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0 %. Alue kuuluu ryhmään 2 Uskilassa olevien maatalousmaiden ja suurten korpialueiden takia. Metsäalueet koostuvat enimmäkseen havu- ja sekametsistä ja rakennusalueista 27 hehtaaria on asuinalueita, 21 hehtaaria liikennealueita ja 7 hehtaaria teollisuuden ja palveluiden alueita. Laidunmaita on 1,5 hehtaaria ja loput maatalousalueet ovat peltoja.

Näytteenottopiste 9 sijaitsee Hattulan Retulassa Retulantiellä 2 km Pälkäneentien risteyksestä (57-tie) ja Retulansaaren risteyksen tuntumassa (KKJ: 6788972P ja 3357539I, liite 1). Jutikkalanvuorella on havumetsää, sekametsää ja harvapuustoisia alueita, mistä valumavedet virtaavat Retulan keskustan peltoalueille ja lopulta Kaavijärveen. $3,3 \text{ km}^2$:n valuma-alueella valumavedet virtaavat pienestä Kaavijärvestä ojaa myöten lopulta Retulantien alta kulkevasta rummusta kohti Retulansalmea. Virtaama ojassa ennen rumpua 11.4.2011 oli $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$ virtausnopeudella $1,13 \text{ m/s}$ ja 3.5.2011 virtaama oli $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ nopeudella $0,30 \text{ m/s}$. Virtaama oli suurimmillaan 14.4.2011 $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$, kun se virtasi ojassa jopa nopeudella $1,75 \text{ m/s}$. Metsä- ja kalliomaata on 73 %, maatalousalueita 19 %, vesialueita 1,9 %, rakennettuja alueita 5,8 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,6 % alueesta.

4.5.3 Vanajaveden eteläpuolen näytteenottopisteet ja niiden valuma-alueet

Vanajaveden eteläpuolella tarkoitetaan Sääksmäen sillan ja Retulansaaren eteläpuoleista aluetta. Näytteenottopisteiden 11, 12, 13, 15 ja 16 alarajat ovat Heinunlahdessa, pisteen 10 Hiedanlahdessa, pisteen 14 Viljamaanlahdessa lähellä Heinunlahtea, pisteen 17 Lusinselällä ja pisteen 18 Vanajanselällä Vanajaniemen kohdalla. Näytteenottopiste 10 sijaitsee Valkeakoskessa, pisteet 11 - 13 Hämeen-

linnan Kalvolassa, pisteet 14 - 18 Hattulassa. Näytteenottopisteet 10 - 16 sijaitsevat kaikki pienten teiden varrella lähellä 3-tietä. Piste 17 Ratontielle lähellä 57-tietä ja piste 18 Lepaantiella lähellä 3061-tietä. Kaikki näytteenottopisteet sijaitsevat Vanajan valuma-alueella, mutta kolmeen pisteeseen valuvat muiden valuma-alueiden vedet. Pisteeseen 15 valuvat Lehijärven valuma-alueen, pisteeseen 17 Peltokylän valuma-alueen ja pisteeseen 18 kaukovaluma-alueen vedet.

Näytteenottopiste 10 sijaitsee Vuorensyrjän ja Lahistentien välisellä maantiellä Tunturivuoren luoteispuolella Valkeakosken Jutikkalan keskustasta itään (KKJ: 6785987P ja 3343659I, liite 1). Havu- ja sekametsäisiä rinteitä pitkin 0,90 km²:n valuma-alueella vedet virtaavat pelloille, jotka viettävät suoraan niiden välissä olevaan ojaan. Valuma-alue kuuluu ryhmään 1. Näyte otettiin ojasta maantien alla olevan rummun ulostulon edustalta, missä virtaama 11.4.2011 oli 0,06 m³/s nopeudella 0,05 m/s, eli virtaus oli aika seisovaa. 3.5.2011 virtaama oli laskenut 0,004 m³:iin/s ja virtausnopeus 0,03 m:iin/s. Suurin virtaama oli ensimmäisellä näytteenottokerralla, mutta 18.4.2011 virtaama oli lähes yhtä suuri 0,05 m³/s:lla virtausnopeuden ollessa selvästi suurempi 0,18 m:llä/s (kuvio 13). Vedet virtaavat lopulta Hiedanlahteen Vanajaveden länsipuolella. Metsä- ja kalliomaita alueella on 55 %, maatalousalueita 38 %, vesialueita 0 %, rakennettuja alueita 5,4 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,9 %.



KUVIO 13. Näytteenottopisteen 10 tasaista peltoalaa 11.4.2011

Näytteenottopiste 11 sijaitsee Hämeenlinnaan vuonna 2009 liittyneen Kalvolan Numminmäellä Heinuntieltä (2853-tie) kääntyvällä Verhontiellä (KKJ: 6780583P ja 3348003I, liite 1). Tämä 3-tien läheisyydessä oleva valuma-alue on lähes kokonaan havumetsää. Näytteenottopisteellä alue on tasaista peltoalaa ja suojakaistale koostuu vain satunnaisista puista estämässä ravinteiden pääsyn ojaan. 2,8 km²:n alueella peltoja on 13 hehtaaria ja laidunmaita 1,6 hehtaaria. Metsä- ja kalliomaita valuma-alueesta on 89 %, maatalousalueita 5,3 %, vesialueita 0 %, rakennettuja alueita 5,5 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,6 %. Virtaama mitattiin siltä puolelta tietä, mihin vesi virtasi. 11.4.2011 virtaama oli 0,25 m³/s virtausnopeuden ollessa 0,57 m/s. 3.5.2011 lumet olivat sulaneet ja virtaama oli laskenut 0,03 m³/s nopeuden ollessa 0,13 m/s. Suurin virtaama mitattiin 18.4.2011, kun se oli 0,29 m³/s virtausnopeudella 0,56 m/s. Oja johtaa Myllyjoaan ja lopulta Heinunlahteen.

Näytteenottopiste 12 sijaitsee Heinuntieltä kääntyvällä Keepintiellä (KKJ: 6780506P ja 3349221I, liite 1). Numminmäen asutusalueelta, Verhonkulmasta, näiden välisiltä peltoalueilta sekä Utterankankaan havumetsäalueilta valumavedet virtaavat Myllyjoaan. Alue kuuluu ryhmään 2. Myllyoja alittaa Keepintien Rauhalahdentien risteyksen lähellä ja virtaama on mitattu Heinunlahden puolelta Myllyjoaa. Virtaama 11.4.2011 oli 0,41 m³/s veden virratessa rumpua pitkin keskimäärin nopeudella 0,73 m/s. 3.5.2011 virtaama oli 0,04 m³/s virtausnopeudella 0,13 m/s. Suurimmillaan virtaama oli 18.4.2011, kun vettä virtasi 0,43 m³/s nopeudella 0,48 m/s. Näytteenottopisteen 11:n valuma-alueelta ja yhteensä 7,9 km²:n alueelta vedet virtaavat tähän näytteenottopisteeseen. Pinta-alasta 69 % on metsä- ja kalliomaita, 22 % maatalousalueita, 0 % vesialueita, 9,1 % rakennettuja alueita sekä 0,2 % kosteikkoja ja avosoita. Rakennetuista alueista 31 hehtaaria on asuinalueita, 27 hehtaaria liikennealueita ja 8 hehtaaria teollisuuden ja palveluiden alueita.

Näytteenottopiste 13 sijaitsee Hämeenlinnaan liitetyn Kalvolan Heinussa Heinuntielle (KKJ: 6778794P ja 3350315I, liite 1). Ryhmään 1 kuuluva 2,9 km²:n valuma-alue koostuu pääsääntöisesti pelloista, mutta havumetsää, sekametsää ja harvapuustoisia alueita on 3-tien vierustalla. Peltoaukeiden välistä Siltalanoja johtaa valumavedet kahden Heinuntien ali menevän rummun kautta Heinunlahtea kohti. Korkein virtaama 0,25 m³/s saatiin ensimmäisellä näytteenottokerralla 11.4.2011,

kun se 3.5.2011 oli laskenut jo 0,02 m³:iin/s. Valuma-alueesta metsä- ja kalliomaita on 27 %, maatalousalueita 60 %, vesialueita 0 %, rakennettuja alueita 13 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,7 %. Rakennetuista alueista 15 hehtaaria on asuin-alueita, 16 hehtaaria liikennealueita ja 5 hehtaaria teollisuuden ja palveluiden alueita.

Näytteenottopiste 14 sijaitsee Tenholantiellä noin 3 km:n päässä Hattulan Mervissä (KKJ: 6780468P ja 3353478I, liite 1). Hattulan Parolasta lähtee Merventie Mervin teollisuusalueen suuntaan, ja tämä tie muuttuu Tenholassa Tenholantieksi. Valuma-alueet täällä ovat pieniä, kuten on myös pisteen 0,55 km²:n valuma-alue. Linnavuorelta ja havumetsäiseltä Kankaanmäeltä valumavedet virtaavat näytteenottopistettä ympäröiville pelloille ja sieltä ojaan. Tenholantien alla kulkevan rummun ulostulon kohdalla virtamaksi 11.4.2011 saatiin 0,05 m³/s, kun se 3.5.2011 oli jo laskenut 0,0003 m³:iin/s. Virtausnopeudet putosivat 0,63 m:stä/s 0,01 m:iin/s. 11.4.2011 virtaama oli korkein näytteenottoajanjakson aikana mitatuista. Valuma-alue kuuluu ryhmään 1, ja siinä metsä- ja kalliomaita on 50 %, maatalousalueita 47 %, vesialueita 0 %, rakennettuja alueita 1,4 % sekä kosteikkoja ja avosoita 1,4 %.

Merventieltä kääntyvä Rannikontie ylittää Leteenojan 3-tien Leteensuon sillan vieressä (KKJ: 6777566P ja 3352476I, liite 1). Täällä sijaitsee näytteenottopiste 15:n 69 km²:n valuma-alueen alaraja. Lehijärven valuma-alueella valumavedet virtaavat Lehijärveen ja sieltä Ihalemmentahdesta Leteenojaan, mistä ne kulkeutuvat Rannikontien alitse Heinunlahteen. 11.4.2011 virtaama ojassa oli 1,09 m³/s, kun 14.4.2011 se oli suurimmillaan 1,51 m³/s ja 3.5.2011 laskenut jo 0,10 m³:iin/s. Virtausnopeus oli näytteenottoajanjakson alussa 0,29 m/s, kun se viimeisenä näytteenottokertana oli 0,09 m/s. Suurimmillaan 14.4.2011 se oli 0,34 m/s. Valuma-alue kuuluu ryhmään 1 Lehijärveä ympäröivien peltoalueiden takia. Metsä- ja kalliomaita alueesta on 45 %, maatalousalueita 29 %, vesialueita 10 %, rakennettuja alueita 16 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,4 %. Havumetsää on 1700 hehtaaria, sekametsää 600 hehtaaria, lehtimetsää 200 hehtaaria ja harvapuustoisia alueita 600 hehtaaria. Maatalousalueet koostuvat 1800 hehtaarin peltojen lisäksi myös 100 hehtaarin laidunmaista. Rakennetut alueet ovat enimmäkseen asuinalueita ja vesialueet Lehijärveä.

Näytteenottopiste 16 sijaitsee myös Rannikontiellä Leteensuolta lähtevän ojan varrella alle kilometrin päässä näytteenottopisteestä 15 (KKJ: 6777433P ja 3351782I, liite 1). Näytteenottopisteen ympärillä on tasaista peltoaluetta. Valuma-alue on kooltaan 11 km² ja se kuuluu ryhmään 1 sen 589:n peltohehtaarin ja neljän laidunmaata olevan hehtaarin takia. Havumetsää, sekametsää ja harvapuustoisia alueita on myös alueella yhteensä 400 hehtaaria. Leteensuon alueella asuinalueita on 36 hehtaaria, liikennealueita 47 hehtaaria ja teollisuuden ja palveluiden alueita 7 hehtaaria. Kahden tietä alittavan rummun ulostulon kohdalta 11.4.2011 mitattu virtaama oli 0,92 m³/s ja 3.5.2011 se oli laskenut 0,04 m³:iin/s (kuvio 14). Toisella näytteenottokerralla 14.4.2011 virtaama oli jo laskenut 0,42 m³:iin/s. Metsä- ja kalliomaita alueella on 40 %, maatalousalueita 52 %, vesialueita 0 %, rakennettuja alueita 0 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,3 %.



KUVIO 14. Näytteenottopisteessä 16 ensimmäisellä näytteenottokerralla 11.4.2011 lumet olivat peltoalueilta jo enimmäkseen sulaneet

Näytteenottopiste 17 sijaitsee Pälkäneentielle kääntyvällä Ratontielle Peltokylässä (KKJ: 6781847P ja 3359606I, liite 1). Ratontie johtaa Lepaalle Tyrvännontielle. Lähellä näytteenottopistettä on Muurainsuo sekä Peltokylän, Jokivarren ja Valteen peltoalueet, jotka ympäröivät näytteenottopisteeseen johtavia ojia. Valteenoja virtaa Ratontien sillan ali Lusinselälle Peltokylän valuma-alueelta. 43 km²:n valuma-alueesta 12 % kuuluu Vanajan valuma-alueeseen. Sillan alla virtaama oli suurimmillaan ensimmäisellä näytteenottokerralla, jolloin se oli 2,77 m³/s keskimääräisellä virtausnopeudella 0,44 m/s. Virtausnopeus 3.5.2011 oli laskenut 0,03 m:iin/s ja vettä virtasi 0,27 m³/s. Metsä- ja kalliomaita tällä ryhmään 2 kuuluvalla alueella on 66 %, kun maatalousalueita on 29 %, vesialueita 0,2 %, rakennettuja alueita 4,3 % sekä kosteikkoja ja avosoita 0,8 %. Metsäalueet ovat enimmäkseen havumetsää, jota on lähes 2000 hehtaaria. Yli 1200 hehtaarin peltoalueiden lisäksi maatalousalueisiin kuuluu 11 hehtaaria laidunmaita. Rakennetuista alueista asuinalueita on lähes 100 hehtaaria, liikennealueita 50 hehtaaria, urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueita 24 hehtaaria ja teollisuuden ja palveluiden alueita 15 hehtaaria. Avosoita on 31 hehtaaria.

Näytteenottopiste 18 sijaitsee Lepaassa Hämeen ammattikorkeakoulun maisemasuunnittelun ja puutarhatalouden koulutusohjelmien oppilaitoksen vieressä (KKJ: 6780995P ja 3355993I, liite 1). Tyrvännontieltä oppilaitokselle pääsee kääntymällä Lepaantielle golfkentän kohdalta. Tien päässä olevalla laiturilla oli kaukovalumapiste. Sen virtaamatulokset on Suomen ympäristökeskukselta (Suomen ympäristökeskus 2012a). Ryhmään 2 kuuluvalla valuma-alueella metsä- ja kalliomaita on 63 %, maatalousalueita 21 %, vesialueita 5,5 %, rakennettuja alueita 8,2 % sekä kosteikkoja ja avosoita 2,2 %.

5 TULOKSET

Helsingin yliopiston Lammin biologisen aseman laboratoriossa mitattiin näytteenottopisteiltä otetuista näytteistä ravinne-, turbiditeetti- ja virtausolosuhdetulokset. Ravinnetulokset käsittävät typen (kokonaistyyppi, yhdistetty nitriitti- ja nitraatityppi sekä ammoniumtyppi), fosforin (kokonaisfosfori ja fosfaattifosfori) ja liuenneen orgaanisen hiilen. Virtausolosuhteet puolestaan lämpötilan, sähkönjohdotokyvyn, happamuuden ja virtaaman.

Oleellista tässä työssä ovat pitoisuuksien vertaaminen näytteenottopisteiden välillä, lähi- ja kaukovaluma-alueen kesken, ja erityyppisillä valuma-alueilla maanpeitteen ja -käytön mukaan. Näytteenottopisteiden ravinteiden pitoisuuksien ja kuormitusten keskiarvoista sekä turbiditeetin ja virtausolosuhteiden keskiarvoista voidaan tarkastella eri näytteenottopisteitä ja ryhmiä yhdellä numeraalisella arvolla. Nämä arvot löytyvät taulukoista 9 - 13. Näytteenottopisteiden mittaustulokset on niihin kerätty liitteestä 1, pisteiden pinta-alat taulukosta 5 ja pisteiden ryhmitteily taulukosta 8. Suurimmat keski-, minimi- ja maksimipitoisuudet näkyvät taulukoissa 9 - 13 punaisella värillä ja suurimmat kuormitusarvot taulukoissa 11 - 13 vihreällä värillä.

Keskipitoisuus ($\mu\text{g/l}$ tai mg/l) kertoo yhden vuorokauden keskimääräisen ravinnepitoisuuden kussakin näytteenottopisteessä ilman, että virtaamaa otetaan mitenkään huomioon. Min (minimi) ja max (maksimi) antavat lisäinformaatiota kertomalla, kuinka suurta vaihtelua pitoisuusarvoilla on näytteenottoajanjakson aikana ollut. Näytteenottopisteiden kuormitukset (kg/vrk) on laskettu kertomalla keskenään kyseisten pisteiden keskipitoisuus ja näytteenottoajanjakson keskimääräisen yhden vuorokauden virtaama. Luvut kertovat pisteen valuma-alueen vaikuttavuudesta Vanajaveden kuormitukseen. Kuormitusten minimi- ja maksimitietoja ei koettu oleellisiksi, koska virtaaman ja ravinnepitoisuuksien minimi- ja maksimitiedoista näkyvät pisteiden vaihtelevuus. Kuormitukset pinta-alaa kohti (kg/vrk/km^2) kertovat, kuinka paljon valuma-alueiden jokaiselta neliökilometriltä tulee kuormitusta keskimäärin.

5.1 Virtausolosuhteet

Näytteenottopisteitä ja ryhmien välisiä eroja voidaan tarkastella keskiarvojen sekä minimi- ja maksimipitoisuuksien osalta taulukossa 9. Keskiarvot on laskettu koko näytteenottoajanjakson ajalta näytteiden lämpötiloista (°C), sähkönjohtokyvystä (µS/cm), happamuudesta (pH) sekä keskimääräisestä virtaamasta (m³/s).

TAULUKKO 9. Näytteenottopisteiden virtausolosuhteiden keskiarvot sekä mini- ja maksimiarvot

Näytteenottopiste	Lämpötila (°C)		Virtaama (m ³ /s)	
	keskiarvo	min - max	keskiarvo	min - max
NOP 1	4	0 - 8	0,08	0,03 - 0,16
NOP 2	5	1 - 9	0,15	0,01 - 0,32
NOP 3	5	0 - 10	0,17	0,04 - 0,38
NOP 4	4	0 - 8	0,05	0,01 - 0,12
NOP 5	4	1 - 7	0,02	0,00 - 0,07
NOP 6	4	0 - 8	0,13	0,02 - 0,33
NOP 7	6	0 - 11	0,52	0,19 - 0,96
NOP 8	4	0 - 6	0,56	0,10 - 1,16
NOP 9	6	0 - 11	0,15	0,05 - 0,29
NOP 10	4	0 - 8	0,02	0,00 - 0,06
NOP 11	4	1 - 7	0,14	0,03 - 0,29
NOP 12	3	1 - 6	0,21	0,04 - 0,43
NOP 13	4	1 - 7	0,09	0,02 - 0,25
NOP 14	5	2 - 7	0,01	0,00 - 0,05
NOP 15	4	1 - 6	0,55	0,10 - 1,51
NOP 16	4	0 - 9	0,24	0,04 - 0,92
NOP 17	5	0 - 8	1,18	0,27 - 2,77
NOP 18 (Kaukovaluma)			59	37 - 76
Ryhmä 1	4	0 - 9	0,18	0,00 - 1,51
Ryhmä 2	4	0 - 8	0,36	0,00 - 2,77
Ryhmä 3	5	0 - 11	0,21	0,03 - 0,96

Näytteenottopiste	Happamuus (pH)		Sähkönjohtokyky (µS/cm)	
	keskiarvo	min - max	keskiarvo	min - max
NOP 1	6,1	5,9 - 6,4	80	70 - 99
NOP 2	6,5	6,1 - 6,8	160	140 - 200
NOP 3	5,8	5,5 - 6,2	92	84 - 110
NOP 4	6,3	6,1 - 6,6	85	67 - 95
NOP 5	6,5	6,4 - 6,8	86	66 - 120
NOP 6	6,4	6,2 - 6,7	74	63 - 110
NOP 7	6,6	6,5 - 6,9	85	79 - 100
NOP 8	6,2	6,1 - 6,5	100	86 - 150
NOP 9	6,6	6,2 - 7,1	110	95 - 130
NOP 10	6,5	6,3 - 6,8	190	110 - 280
NOP 11	6,3	6,0 - 6,6	180	120 - 210
NOP 12	5,9	5,1 - 6,4	220	150 - 240
NOP 13	7,1	6,5 - 7,3	370	200 - 550
NOP 14	6,5	6,2 - 6,7	160	120 - 180
NOP 15	7,2	6,7 - 7,3	200	180 - 270
NOP 16	6,9	6,5 - 7,1	180	150 - 210
NOP 17	6,0	5,6 - 6,6	110	89 - 150
NOP 18 (Kaukovaluma)	6,8	6,7 - 6,9	130	120 - 160
Ryhmä 1	6,7	6,1 - 7,3	210	110 - 550
Ryhmä 2	6,2	5,1 - 6,8	110	63 - 240
Ryhmä 3	6,3	5,5 - 7,1	110	70 - 210

Näytteenottopisteiden lämpötilakeskiarvoilla ei ollut suurta vaihtelua. Ne olivat 3 °C pisteessä 12, 6 °C pisteessä 7 ja 9, ja muissa pisteissä näiden keskiarvojen välillä. Ryhmäkohtainen keskiarvo oli korkein ryhmällä 3. Ryhmillä 1 ja 2 eroa ei juurikaan ollut. Virtaamakeskiarvot olivat alimmillaan näytteenottopisteissä 5, 10 ja 14, ja korkeimmillaan pisteissä 17 ja 18. Pisteissä 7, 8 ja 15 virtaama oli myös

selvästi voimakkaampaa kuin keskimäärin. Ryhmäkohtainen virtaamakeskiarvo oli korkein ryhmällä 2 ja matalin ryhmällä 1. Jokaisella ryhmällä oli kuitenkin suuria virtaama-arvoja. Kaukovalumapisteen virtaama oli selvästi suurempi kuin lähivalumapisteillä.

Sähkönjohtokykykeskiarvot olivat alimmillaan näytteenottopisteissä 1, 4, 5, 6 ja 7 ja korkeimmillaan pisteissä 12, 13 ja 15. Ryhmäkohtainen keskiarvo oli selvästi korkein ryhmällä 1, ja ryhmillä 2 ja 3 arvot olivat samansuuruisia. Kaukovalumapisteen keski- ja maksimi-arvo oli selvästi pienempi kuin ryhmällä 1, mutta minimiarvo oli suurempi. Happamuuskeskiarvot olivat alimmillaan näytteenottopisteissä 3, 12 ja 17 ja korkeimmillaan pisteissä 13, 15 ja 16. Ryhmäkohtainen keskiarvo oli korkein ryhmällä 1 ja matalin ryhmällä 2. Ryhmissä 2 ja 3 on molemmissa kaksi pistettä, missä pH käy näytteenottoajanjakson aikana alle kuudessa. Kaukovalumapisteen keskiarvo oli suurempi kuin ryhmillä. Vain näytteenottopisteissä 13, 15 ja 16 keski- ja maksimi-arvot olivat kaukovalumapistettä suuremmat. Minimiarvo oli yhtä korkea kaukovalumapisteen kanssa vain pisteessä 15.

5.2 Turbiditeetti

Näytteenottopisteitä ja ryhmien välisiä eroja voidaan tarkastella turbiditeettikeskiarvojen sekä minimi- ja maksimipitoisuuksien osalta taulukossa 10. Ryhmäkohtaiset keskiarvot olivat korkeimpia ryhmällä 2 ja matalimpia ryhmällä 3.

TAULUKKO 10. Näytteenottopisteiden turbiditeettien keskiarvot sekä minimi- ja maksimi-arvot

Näytteenottopiste	Turbiditeetti (FNU)		
	keskiarvo	min	max
NOP 1	37	13	81
NOP 2	43	25	74
NOP 3	27	11	44
NOP 4	49	25	74
NOP 5	48	21	89
NOP 6	36	18	80
NOP 7	19	12	34
NOP 8	16	9	31
NOP 9	11	4	17
NOP 10	35	19	57
NOP 11	17	8	26
NOP 12	26	13	37
NOP 13	30	8	66
NOP 14	9	6	13
NOP 15	6	3	15
NOP 16	27	9	63
NOP 17	23	15	35
NOP 18 (Kaukovaluma)	15	7	21
Ryhmä 1	25	3	74
Ryhmä 2	33	9	89
Ryhmä 3	22	4	81

Turbiditeettikeskiarvot olivat alimmillaan pisteissä 9, 14 ja 15 ja korkeimmillaan pisteissä 2, 4 ja 5. Jokaisella ryhmällä oli kuitenkin suuria turbiditeettiarvoja.

Kaukovalumapisteen turbiditeettikeskiarvo oli pienempi kuin ryhmillä. Vain näytteenottopisteissä 9, 14 ja 15 keski- sekä minimi- ja maksimi-arvot olivat kaukovalumapistettä pienemmät.

5.3 Kokonaistyyppi, nitriitti- ja nitraattityppi sekä ammoniumtyppi

Typikuormituksia ja -pitoisuuksia tarkastellaan kokonaistypen, ammoniumtypen sekä nitriitti- ja nitraattityypen osalta. Näytteenottopisteitä ja ryhmien välisiä eroja voidaan tarkastella typikuormituksen kokonaismäärän, typikuormituksen suhteesta maankäyttöön, typipitoisuuksien keskiarvojen sekä minimi- ja maksimipitoisuuksien osalta (taulukko 11).

TAULUKKO 11. Näytteenottopisteiden typikuormitukset ja -pitoisuudet

Näytteenottopiste	Kokonaistyyppi (N_{tot})					Nitriitti- (NO_2-N) ja nitraattityppi (NO_3-N)				
	kg N/vrk	kg N/vrk/km ²	keskipitoisuus (µg/l)	min	max (µg/l)	kg N/vrk	kg N/vrk/km ²	keskipitoisuus (µg/l)	min	max (µg/l)
NOP 1	15	8	1800	670	4000	10	6	1200	380	3000
NOP 2	74	13	4100	1800	9400	59	10	3300	1300	8100
NOP 3	25	18	1500	630	3300	15	11	850	190	2300
NOP 4	8	4	1400	580	3200	5	3	880	190	2400
NOP 5	4	9	2100	770	5900	3	6	1400	340	4400
NOP 6	34	13	2100	670	6200	24	10	1500	260	4500
NOP 7	100	6	2200	1300	3700	65	4	1400	650	2400
NOP 8	230	19	3500	1100	9300	170	14	2600	630	7400
NOP 9	39	12	2400	1100	5000	26	8	1500	460	3400
NOP 10	21	24	8400	2300	16000	17	19	6700	1500	12000
NOP 11	11	4	750	360	1400	6	2	360	97	820
NOP 12	63	8	2800	1200	6400	45	6	1900	770	5100
NOP 13	34	11	3500	1400	5900	25	9	2700	1200	4400
NOP 14	8	14	8900	7400	13000	7	12	7700	6600	10000
NOP 15	160	2	2200	970	6000	110	2	1500	460	4700
NOP 16	110	10	3800	1400	6800	80	7	2700	840	5000
NOP 17	440	10	3100	1300	7600	330	8	2300	760	6200
NOP 18 (Kaukovaluma)	27000	11	5000	3200	6400	22000	9	4000	3000	5300
Ryhmä 1	410	4	5200	970	16000	300	3	4100	460	12000
Ryhmä 2	770	11	2500	580	9300	580	9	1700	190	7400
Ryhmä 3	190	7	1700	360	5000	120	5	1100	97	3400

Näytteenottopiste	Ammoniumtyppi (NH_4-N)				
	kg N/vrk	kg N/vrk/km ²	keskipitoisuus (µg/l)	min	max (µg/l)
NOP 1	0,18	0,10	22	10	38
NOP 2	0,90	0,15	73	32	170
NOP 3	0,94	0,69	51	19	96
NOP 4	0,10	0,05	17	6	34
NOP 5	0,03	0,07	15	5	38
NOP 6	0,44	0,18	30	13	51
NOP 7	2,68	0,16	63	38	120
NOP 8	1,90	0,16	31	15	77
NOP 9	1,28	0,39	78	28	300
NOP 10	0,45	0,50	200	130	420
NOP 11	0,22	0,08	14	7	30
NOP 12	3,16	0,40	160	99	240
NOP 13	0,39	0,13	40	13	90
NOP 14	0,03	0,05	20	7	47
NOP 15	5,10	0,07	100	22	250
NOP 16	2,88	0,25	140	29	240
NOP 17	9,04	0,21	71	22	120
NOP 18 (Kaukovaluma)	416	0,17	73	19	140
Ryhmä 1	10	0,11	96	7	420
Ryhmä 2	15	0,22	53	5	240
Ryhmä 3	5	0,21	46	7	300

Typpikuormitukset pinta-alaa kohti olivat alimmillaan kokonaistypen sekä nitriitti- ja nitraattitypen osalta näytteenottopisteissä 4, 11 ja 15 ja ammoniumtypen osalta pisteissä 4, 5, 14 ja 15. Korkeimmillaan ne olivat kokonaistypen osalta pisteissä 3, 8 ja 10, nitriitti- ja nitraattitypen osalta pisteissä 8, 10 ja 14, ja ammoniumtypen osalta pisteissä 3, 9, 10 ja 12. Näytteenottopisteiden keskipitoisuudet olivat alimmillaan kokonaistypen sekä nitriitti- ja nitraattitypen osalta pisteissä 3, 4 ja 11 ja ammoniumtypen osalta pisteissä 4, 5 ja 11. Korkeimmillaan ne olivat kokonaistypen sekä nitriitti- ja nitraattitypen osalta pisteissä 10 ja 14 ja ammoniumtypen osalta pisteissä 10, 12 ja 16.

Maatalousvaltaisella ryhmällä 1 kokonaistyyppi- sekä nitriitti- ja nitraattityypipitoisuudet olivat selkeästi korkeampia kuin muilla ryhmillä, kun taas metsätalousvaltaisella ryhmällä 3 vastaavasti selkeästi pienemmät. Ammoniumtypen osalta ryhmien 2 ja 3 tulokset olivat samansuuruisia. Kuormitukset pinta-alaa kohti ovat suurimmat ryhmässä 2. Kaukovaluma-alueen kokonaistyyppi- sekä nitriitti- ja nitraattityypikuormitukset pinta-alaa kohti olivat ryhmän 2 mukaisia, ja keskipitoisuudet ryhmän 1 mukaisia. Minimipitoisuudet kokonaistypen sekä nitraatti- ja nitriittitypen osalta olivat kaukovalumapistettä suurempia vain pisteessä 14. Ammoniumtypen osalta kaukovalumapisteen keskipitoisuus ja kuormitus pinta-alaa kohti olivat selvästi pienempiä kuin lähivaluma-alueen näytteenottopisteiden suurimmilla kuormittajilla, mutta kuitenkin moninkertainen verrattuna niiden alhaisimpiin kuormittajiin.

5.4 Kokonaisfosfori ja fosfaattifosfori

Fosforikuormituksia ja -pitoisuuksia tarkastellaan kokonaisfosforin (P_{kok}) ja fosfaattifosforin ($\text{PO}_4\text{-P}$) osalta. Näytteenottopisteitä ja ryhmien välisiä eroja voidaan tarkastella fosforikuormituksen kokonaismäärän, fosforikuormituksen suhteesta maanpeitteeseen ja -käyttöön, fosforipitoisuuksien keskiarvojen sekä minimi- ja maksimipitoisuuksien osalta (taulukko 12).

TAULUKKO 12. Näytteenottopisteiden fosforikuormitukset ja –pitoisuudet

Näytteenottopiste	Kokonaisfosfori (P _{tot})				Fosfaattifosfori (PO ₄ -P)			
	g P/vrk	g P/vrk/km ²	keskipitoisuus (µg/l)	min - max (µg/l)	g P/vrk	g P/vrk/km ²	keskipitoisuus (µg/l)	min - max (µg/l)
NOP 1	240	140	30	13 - 55	38	21	5	2 - 8
NOP 2	920	160	57	26 - 97	140	24	10	6 - 15
NOP 3	550	410	32	15 - 57	82	61	5	3 - 12
NOP 4	200	110	38	18 - 75	51	28	10	7 - 17
NOP 5	160	370	88	42 - 170	80	180	38	12 - 69
NOP 6	780	320	60	43 - 85	200	80	14	8 - 24
NOP 7	2 400	150	53	38 - 75	220	13	5	3 - 9
NOP 8	2 900	240	50	28 - 92	650	55	11	7 - 25
NOP 9	840	250	51	23 - 98	160	49	9	3 - 26
NOP 10	630	700	240	77 - 460	360	400	130	15 - 300
NOP 11	510	180	35	15 - 66	97	35	7	4 - 13
NOP 12	850	110	41	24 - 74	110	14	6	3 - 9
NOP 13	770	260	74	18 - 160	230	78	17	4 - 56
NOP 14	92	170	62	24 - 160	54	98	27	4 - 110
NOP 15	2 700	39	52	28 - 96	630	9	9	2 - 34
NOP 16	2 700	240	86	41 - 200	910	80	29	15 - 72
NOP 17	6 200	140	53	39 - 85	1 100	26	9	4 - 16
NOP 18 (Kaukovaluma)	350 000	150	64	43 - 91	72 000	30	12	3 - 27
Ryhmä 1	7900	87	96	18 - 460	2300	26	36	2 - 300
Ryhmä 2	11000	160	55	18 - 170	2200	33	15	3 - 69
Ryhmä 3	4600	180	40	13 - 98	600	23	6	2 - 26

Fosforikuormitukset pinta-alaa kohti olivat alimmillaan kokonaisfosforin osalta näytteenottopisteissä 4, 12 ja 15, ja fosfaattifosforin osalta pisteissä 7, 12 ja 15. Korkeimmillaan ne olivat kokonaisfosforin osalta pisteissä 3, 5 ja 10 ja fosfaattifosforin osalta pisteissä 5, 10 ja 14. Näytteenottopisteiden keskipitoisuudet olivat alimmillaan kokonaisfosforin osalta pisteissä 1, 3 ja 11 ja fosfaattifosforin osalta pisteissä 1, 3 ja 7. Korkeimmillaan ne olivat kokonaisfosforin ja fosfaattifosforin osalta pisteissä 5, 10 ja 16.

Maatalousvaltaisella ryhmällä 1 kokonaisfosfori- ja fosfaattifosforipitoisuudet olivat selkeästi korkeampia kuin muilla ryhmillä, kun taas metsätalousvaltaisella ryhmällä 3 vastaavasti selkeästi pienemmät. Kuormituksissa pinta-alaa kohti kokonaisfosforitulokset olivat päinvastaiset, mutta erot pienempiä. Kaukovaluma-alueen fosforipitoisuudet ja -kuormitukset pinta-alaa kohti olivat ryhmän 2 mukaisia. Maksimipitoisuudet olivat ryhmän 3 mukaisia ja minimipitoisuudet kokonaisfosforin osalta olivat kaukovalumapistettä suurempia vain pisteessä 10.

5.5 Liuenut orgaaninen hiili (DOC)

Näytteenottopisteitä ja ryhmien välisiä eroja voidaan tarkastella DOC-kuormituksen kokonaismäärän, DOC-kuormituksen suhteesta maanpeitteeseen ja -käyttöön, DOC-pitoisuuksien keskiarvojen sekä minimi- ja maksimipitoisuuksien osalta taulukossa 13. DOC-kuormitukset pinta-alaa kohti olivat alimmillaan

näytteenottopisteissä 13, 14 ja 15 ja korkeimmillaan pisteissä 3, 8, 9 ja 11. Näytteenottopisteiden keskipitoisuudet olivat alimmillaan pisteissä 13, 14 ja 15 ja korkeimmillaan pisteissä 3, 8, 9 ja 17.

TAULUKKO 13. Näytteenottopisteiden DOC-kuormitukset ja –pitoisuudet

Näytteenottopiste	Liuennut orgaaninen hiili (DOC)			
	kg C/vrk	kg C/vrk/km ²	keskipitoisuus (mg/l)	min - max (mg/l)
NOP 1	110	63	15	11 - 19
NOP 2	180	30	13	10 - 15
NOP 3	360	264	23	17 - 28
NOP 4	59	33	13	11 - 15
NOP 5	19	43	14	11 - 16
NOP 6	160	64	13	10 - 15
NOP 7	720	44	16	14 - 16
NOP 8	930	78	19	15 - 21
NOP 9	240	73	18	16 - 19
NOP 10	28	31	14	10 - 17
NOP 11	200	74	15	10 - 20
NOP 12	260	33	13	10 - 17
NOP 13	61	21	7	5 - 10
NOP 14	8	14	9	8 - 10
NOP 15	560	8	10	8 - 14
NOP 16	350	30	17	15 - 18
NOP 17	2 500	58	24	17 - 28
NOP 18 (Kaukovaluma)	67 000	28	13	10 - 15
Ryhmä 1	1200	13	12	5 - 18
Ryhmä 2	3900	58	16	10 - 28
Ryhmä 3	1600	64	18	10 - 28

Metsätalousvaltaisella ryhmällä 3 DOC-pitoisuudet olivat selkeästi korkeampia kuin muilla ryhmillä, kun taas maatalousvaltaisella ryhmällä 1 vastaavasti selkeästi pienemmät. Kuormituksissa pinta-alaa kohti ryhmällä 1 oli selkeästi pienin tulos, kun taas ryhmillä 2 ja 3 tulokset olivat samaa suuruusluokkaa. Kaukovaluma-alueen DOC-pitoisuudet ja -kuormitukset pinta-alaa kohti olivat ryhmän 1 ja 2 keskiarvojen välissä. Maksimipitoisuudet olivat ryhmien keskiarvoja pienemmät. Vain kolmella näytteenottopisteellä on pienempi pitoisuusarvo. Minimipitoisuudet olivat ryhmien 2 ja 3 mukaisia.

6 TULOSTEN TARKASTELU

Arvioitaessa Vanajaveden kuormittumisen merkittävyyttä keväällä 2011 on tärkeää tarkastella, kuinka suuri osa vuotuisesta valumasta silloin Vanajaveteen virtasi ja oliko virtaama tyypillinen. Ravinnepitoisuuksien, turbiditeetin ja virtausolosuhteiden kehitystä lähi- ja kaukovaluma-alueilla tarkastellaan näytteenottoajanjakson ajalta kuvioissa 17 - 21. Niissä minimi- ja maksimituloksista koostuvan harmaan pohjan päällä on käyrät näytteenottopisteiden keskiarvolle, kolmelle näytteenottopisteryhmälle ja kaukovaluma-alueelle.

Vanajaveden lähivaluma-alueen neljästä osavaluma-alueesta näytteenottopisteiden valuma-alueet kattoivat kokonaisuudessaan vain Peltokylän ja Lehijärven valuma-alueet. Jouttijärven valuma-alueelta melkein kokonaan (95 %) ja Vanajan valuma-alueelta noin kolmanneksen (32 %). Kattamattomien alueiden ennustemallin tekemiseksi tarkkaillaan näiden alueiden pinta-aloja ja maankäyttöä. Maankäytön korreloimista ravinnepitoisuuksien kanssa käytetään mittaamatta jääneiden alueiden vaikutuksen laskemiseksi. Lopuksi tehdään laskelmia lähivaluma-alueen merkittävyydestä Vanajaveden kuormituslähteenä.

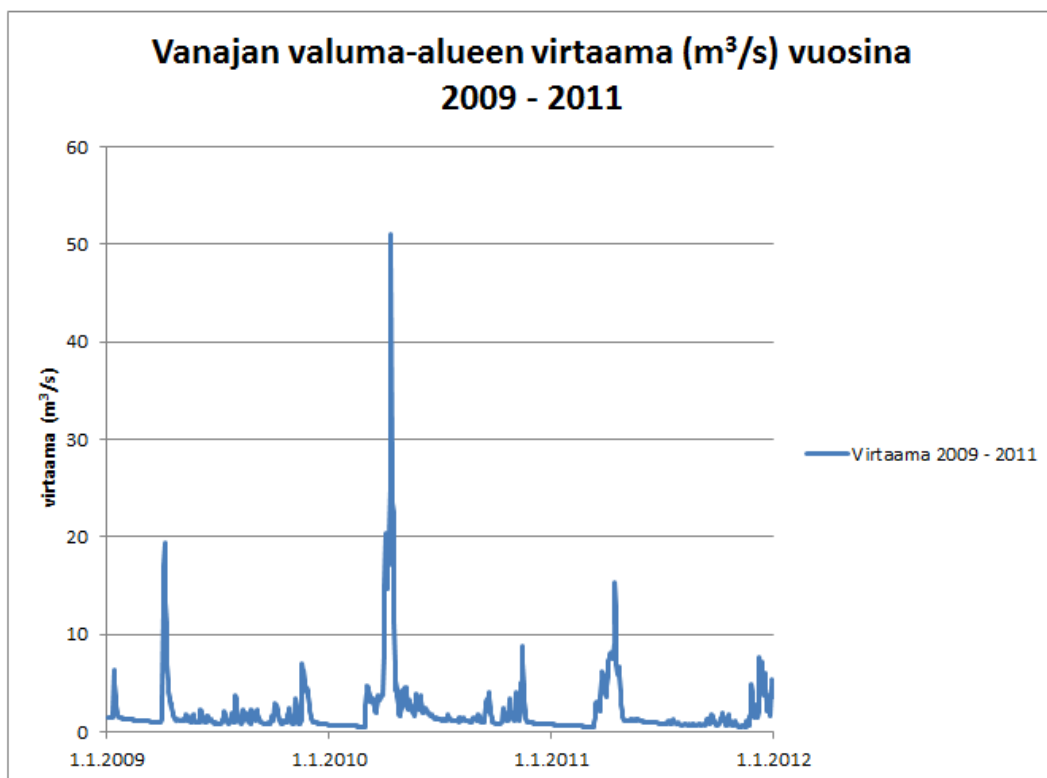
6.1 Näytteenottoajankohta ja olosuhteet

Ensimmäisellä näytteeottokerralla 11.4.2011 peltoalueilla lumet olivat jo enimmäkseen sulaneet Vanajaveden eteläpuolella. Pohjoispuolella lumi peitti suurinta osaa peltoja ja ero oli selkeä. Varjoisilla alueilla lumi peitti maan ja kaikkien ojien varrella oli jäätä ja lunta. Toisella kerralla 14.4.2011 ei suuria muutoksia ollut tapahtunut, mutta ojista ja peltoaukeilta lumet olivat sulaneet lähes täysin näytteenottopisteistä 13 ja 16. Vähän enemmän lunta oli pisteissä 5, 10 ja 11. Muilla peltoaukeilla ja varjoisilla paikoilla oli vielä kohtalaisesti lunta (kuvio 15). Lumet olivat sulaneet lähes kaikkialta, kun viikko ensimmäisestä näytteenottokerrasta oli 18.4.2011 kulunut. Varjoisilla paikoilla pisteissä 1 ja 8 oli lunta ojan vieressä. Pääsiäisen jälkeen 27.4.2011 kaikki lumet olivat sulaneet.



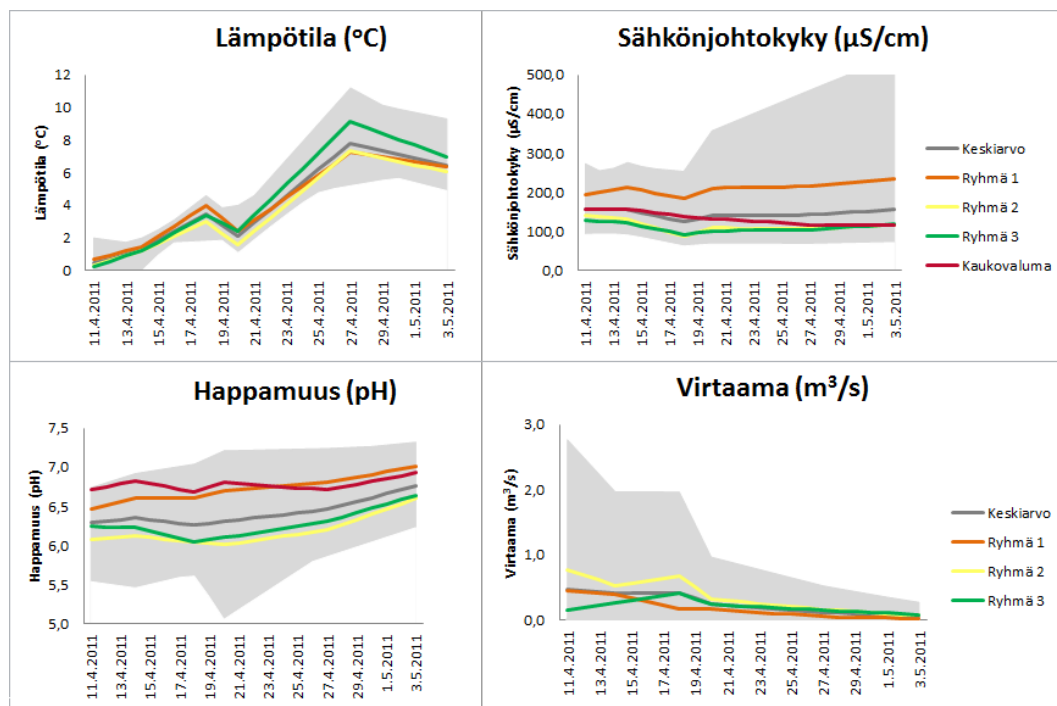
KUVIO 15. Varjoisilla paikoilla oli vielä lunta toisella näytteenottokerralla 14.4.2011, vaikka peltoaukeat osittain olivatkin jo sulaneet

Terminen kevät alkoi 2.4.2011 ja edellisenä vuonna 26.3.2010, kun keskimäärin vuosina 1971-2000 se on alkanut 26.3-30.3 (Ilmatieteen laitos 2012). Virtaaman määrä riippuu valunnasta ja valunta pääsääntöisesti sadannasta. Vanajan valuma-alueella maalisi- ja huhtikuun virtaama vuonna 2010 oli jopa 54 % koko vuoden virtaamasta, kun vuonna 2011 vastaavasti 42 %. Näytteenottoajanjakso vei 6,3 % vuodesta 2011. Virtaama näytteenottoajanjakson aikana oli 21 % vuotuisesta virtaamasta, eli tällä pienellä aikavälillä on merkittävä vaikutus Vanajaveden kuormittumisen kannalta. Viimeisen 50 vuoden aikana virtaama on ollut keskimäärin $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Vuoden 2000 jälkeen se on ollut viitenä vuonna $1,8 - 2,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ja viitenä vuonna $2,7 - 3,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Vuosi 2011 kuului näistä ensimmäiseen ja vuosi 2010 toiseen ryhmään. Voidaan sanoa, että vuosi 2011 ei ollut poikkeava tässä suhteessa. Loppusyksyn syyssateet aiheuttavat pienen huipun, mutta suurimmat valunta- ja virtaamahuiput osuvat keväisiin (kuvio 16) (Korhonen 2007, 33).



KUVIO 16. Vanajan valuma-alueen virtaama vuosina 2009-2011 (Suomalainen 2012b)

Vanajanselällä ei tehty ravinnemittauksia näytteenottoajanjakson aikana, mutta kevätvalunnan jälkeen esimerkiksi 8.6.2011 typpipitoisuus oli 1300 µg/l ja fosforipitoisuus 19 µg/l, kun edellisenä vuonna 27.5.2010 typpipitoisuus oli 1300 µg/l ja fosforipitoisuus 21 µg/l (taulukko 1). Keskimääräinen typpipitoisuus on 700 µg/l ja fosforipitoisuus 27 µg/l. Kevätvalunnan jälkeen typpipitoisuudet ovat keskimääräistä korkeampia ja fosforipitoisuudet puolestaan matalampia. Koska keväällä tapahtuu puolet vuotuisesta valunnasta on sen aikaiset fosforikuormitukset todella suuria. Kevään kohonnut lämpötila saa lumet sulamaan ja maapartikkelit liikkeelle. Tämä lisää virtaamaa ja vaikuttaa sähkönjohtokykyyn ja happamuuteen. Parametrien arvojen kehitystä näytteenottoajanjakson edetessä tarkastellaan kuviossa 17.



KUVIO 17. Eri näytteenottopisteryhmien ja kaukovaluma-alueen virtausolosuhteiden kehitys näytteenottoajanjakson aikana

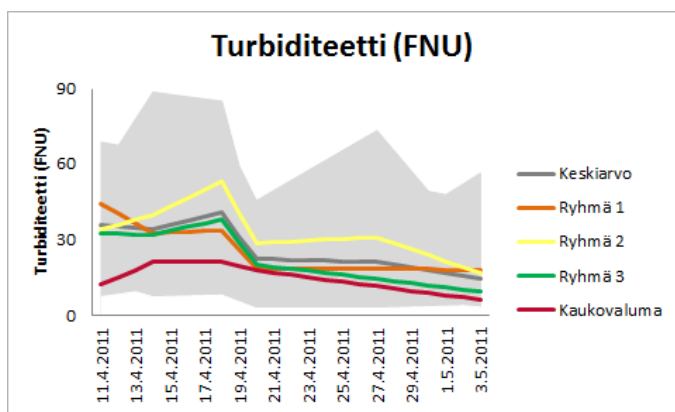
Lämpötilalla ei ryhmien kesken ollut juurikaan eroa. Ryhmän 3 näytteenottopisteillä 7 ja 9 on näytteenottoajanjakson alkuvaiheessa pienimpiä lämpöasteita kaikista pisteistä, mutta ajanjakson loppuun mennessä ovat suurimpia. Minimi- ja maksimiarvojen erot kasvavat ajanjakson loppuun mennessä n. kahdesta n. viiteen asteeseen. 19 - 20.4.2011 välinen yö oli pakkasta ja lämpötila teki sen takia pienen notkahduksen muuten selkeässä trendissä. Kaukovalumapisteen lämpötila-arvoja ei ole saatavilla.

Virtaama keskimäärin laskee ajanjakson loppuvaihetta kohti mentäessä. Ryhmällä 2 on suurin virtaama. Kaukovaluma-alueen virtaama on ajanjakson alussa $72 \text{ m}^3/\text{s}$ nousten $76 \text{ m}^3/\text{s}$:iin/s ja lopulta laskien $37 \text{ m}^3/\text{s}$:iin/s. Lähivalumapisteiden suurin virtaama-arvo on selvästi pienempi, vain alle $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Minimi- ja maksimiarvojen erot laskevat ajanjakson loppuun mennessä $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$:stä $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$:iin/s. Toukokuun kolmantena päivänä oli selkeää, että suurimmat kevätsulamiset olivat jo takana päin.

Sähkönjohtokyky on ryhmällä 1 korkeampi kuin muilla ryhmillä. Arvot laskevat kaikkien ryhmien osalta ajanjakson alkuvaiheessa, mutta nousevat saman verran loppuvaiheeseen mennessä. Kaukovalumapisteen sähkönjohtokyky laskee koko

ajanjakson aikana alun 158 μS :stä/cm lopun 115 μS :iin/cm. Minimi- ja maksimiarvojen erot kasvavat ajanjakson loppuun mennessä 180 μS :stä/cm 480 μS :iin/cm. Veden sähkönjohtokykyä laskee suuret määrät sulanutta lunta, mutta niiden mukana tuomat maapartikkelit nostavat sitä. Tämän takia sähkönjohtavuus ei näytä mitään selkeätä trendiä. Peltolannoitus lisää veden sähkönjohtavuutta, mutta se on kiellettyä lumipeitteen aikana ja ennen 15.4.2011 tietyin poikkeuksin. (Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta 931/2000, 5§; Maaseutuvirasto 2009, 13; Oravainen 2009, 10; Arvola 2012.)

Happamuus on ryhmällä 1 korkeampi kuin muilla ryhmillä. Happamuus nousee 0,5 pH-yksikköä kaikissa ryhmissä ajanjakson alkuvaiheen jälkeen. Tämä on saman verran paljon kevätvalunta laskee pH:ta, eli happamuus normalisoituu jakson loppuvaiheessa (Valtion ympäristöhallinto 2011c). Kaukovalumapisteen happamuus pysyy samana läpi ajanjakson, mutta nousee hieman lopussa. Minimi- ja maksimiarvojen ero pysyy muuten vähän reilu yhdessä koko ajanjakson aikana, paitsi nousee kahteen pisteiden 3 ja 12 poikkeuksellisen pienen pH:n takia 20.4.2011. Pisteiden 12 pH oli vain 5,0-yksikköä, mikä johtuu luultavasti maaperästä tulevasta sulfidista tai muusta happamasta maa-aineksesta (Arvola 2012). Uoma ei ollut luontainen ja se oli syvä. Keväällä maapartikkelien huuhtoutuessa kevätvaluntaan turbiditeetti on suurimmillaan. Veden sameus vaihteli voimakkaasti näytteenottoajanjakson aikana (kuvio 18).

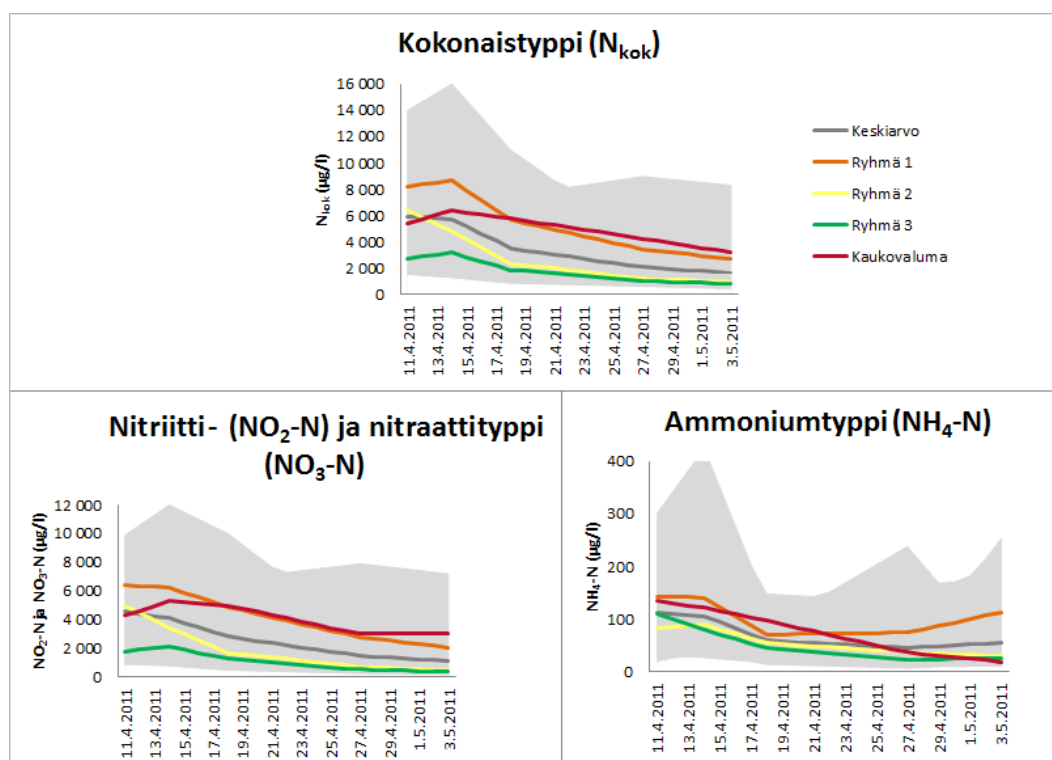


KUVIO 18. Eri näytteenottopisteryhmien ja kaukovaluma-alueen turbiditeettiarvojen kehitys näytteenottoajanjakson aikana

Turbiditeettiarvot ovat ryhmällä 2 korkeampia kuin muilla ryhmillä. Arvot eivät ole vielä ryhmien 2 ja 3, eikä kaukovalumapisteen osalta saavuttaneet maksimiaan näytteenottoajanjakson alussa. Trendi on tämän jälkeen laskeva. Maatalousvaltaisella ryhmällä 3 arvot laskevat koko ajanjakson aikana. Kaukovalumapisteen turbiditeetti on pienempi kuin ryhmillä. Minimi- ja maksimiarvojen erot vaihtelevat suuresti. Aluksi ero (FNU) on 60 nousten 80:een, pudoten 40:een, nousten 70:een ja lopulta pudoten 50:een.

6.2 Ravinnepitoisuuksien kehitys näytteenottoajanjakson aikana

Typipitoisuudet ovat sitä korkeammat, mitä maatalousvaltaisempi ryhmä on kyseessä. Pitoisuudet eivät ole kaikissa tapauksissa ryhmien ja kaukovalumapisteen osalta vielä saavuttaneet maksimiaan näytteenottoajanjakson alussa, mutta yleisesti pitoisuushuippu saavutetaan sen alkuvaiheessa ja trendi on tämän jälkeen laskeva (kuvio 19).



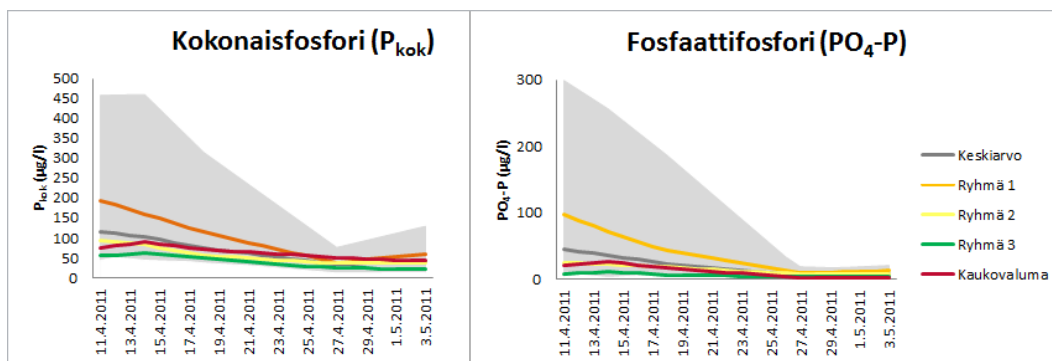
KUVIO 19. Eri näytteenottopisteryhmien ja kaukovaluma-alueen typpipitoisuuksien kehitys näytteenottoajanjakson aikana

Ryhmällä 1 ammoniumtyppipitoisuudet lähtevät uudestaan nousemaan saavutettuaan ajanjakson minimipitoisuutensa. Ajanjakson loppuvaiheessa kaukovalumapisteessä nämä pitoisuudet laskevat alle 20 µg:n/l. Vaikka ryhmien keskiarvot 3.5.2011 ovat tätä suurempia, ovat seitsemässä pisteessä pitoisuudet silti vielä alhaisemmat. Typpikuormitukset pinta-alaa kohti olivat suurimmat ryhmässä 2. Tähän vaikuttaa enimmäkseen se, että ryhmän 1 pinta-alasta 76 % on alhaisen kuormituksen pisteessä 15. Muuten mikään ryhmien 1, 2 ja 3 yksittäinen tulos (kuormitus pinta-alaa kohti ja keskipitoisuus) ei poikennut suuresti ryhmän keskiarvosta.

Kokonaistypikuormitukset pinta-alaa kohti olivat korkeimmillaan näytteenottopisteissä 3, 8 ja 10, joissa peltopinta-alaa on 17, 26 ja 19 prosenttiyksikköä. Näytteenottopisteen 3 valuma-alueella on suhteellisen vähän peltopinta-alaa, mutta metsätalousalueita sitäkin enemmän. Liuenneen orgaanisen hiilen suuret määrät johtuvat luultavasti juuri metsätaloudesta. Uoman ympärillä olevien peltojen kaltevuus on 3 - 6 % ja ovat selvästi keskimääräistä kaltevampia tällä alueella. Kaltevat alueet ovat alttiimpia maaperän huuhtoutumiseen etenkin kevättulvien aikana. Pisteen 8 valuma-alueella on myös kaltevia peltoalueita ja kaltevuudet ovat samaa luokkaa, mutta pisteessä 10 peltoaukeat ovat lähes tasaisia. Karjatalous luultavasti vaikuttaa korkeisiin typpikuormitukseen tällä pienen pinta-alan alueella (Arvola 2012a). Tätä puoltaa myös korkeat ammoniumtyppipitoisuudet. Pisteen vieressä Tunturivuoren ja Vanajaveden välissä on erittäin jyrkkää peltoaluetta, josta ravinteet luultavasti keväällä huuhtoutuvat voimakkaasti järveen. (Mäkelä 2012.)

Keskipitoisuudet olivat korkeita pisteissä 10 ja 14. Nämä pisteet ovat huomattavan samankaltaisia. Pinta-alat ovat alle 100 hehtaaria ja vain näytteenottopisteen 5 valuma-alue on näitä pienempi. Molempia alueita ympäröi harjut ja rinteet sekä peltoala on tasaista ja suoran joen molemmilla puolilla. Pisteessä 14 peltoja on myös jyrkällä (kaltevuus yli 6 %) alueella. Näytteenottopisteissä 4, 11, 15 ja muissa vähän suhteellisesti kuormittavissa pisteissä kaltevuus on tuskin missään yli 3 %. Pisteessä 11 maatalouspinta-alaa on vain 5 %. Lehijärven valuma-alueella on runsaat pohjavesialueet, mitkä vaikuttavat lopulta pisteen 15 näytteiden pitoisuuksia vähentävästi. (Arvola 2012a; Mäkelä 2012.)

Kokonaisfosforin ja fosfaattifosforin osalta keskipitoisuudet ovat sitä korkeammat mitä maatalousvaltaisempi ryhmä on kyseessä (kuvio 20). Kaukovaluma-alueella ja ryhmällä 3 keskipitoisuudet eivät ole vielä saavuttaneet maksimiaan näytteenoton aloitusvaiheessa.



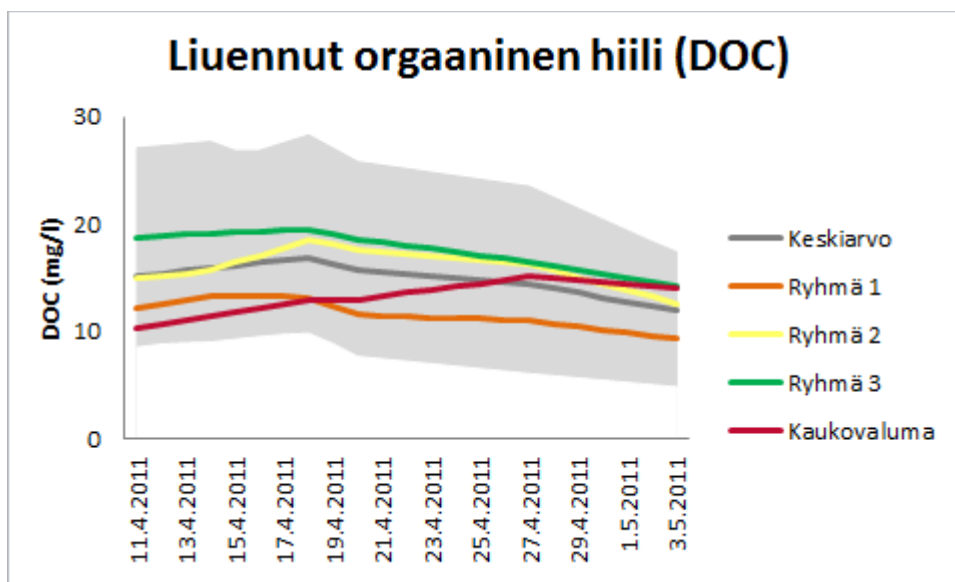
KUVIO 20. Eri näytteenottopisteryhmien ja kaukovaluma-alueen fosforipitoisuuksien kehitys näytteenottoajanjakson aikana

Maksimipitoisuudet ovat erityisen korkeita ryhmän 1 näytteenottopisteessä 10. Näytteenottoajankohdan loppuvaihetta kohti mentäessä fosfaattifosforipitoisuudet laskevat ja asettuvat lähivalumapisteissä keskimäärin 8 µg:aan/l (27.4 - 3.5.2011) ja kaukovalumapisteessä 3 µg:aan/l. Kokonaisfosforipitoisuudet laskevat ja asettuvat (27.4 - 3.5.2011) lähivalumapisteissä keskimäärin 38 µg:aan/l, kun kaukovalumapisteen pitoisuudet laskevat näytteenottoajankohdan loppuun mennessä 43 µg:aan/l. Kokonaisfosforin osalta minimi- ja maksimiarvojen erot ovat alussa 400 µg/l ja laskevat lopulta 100 µg:aan/l. Fosfaattifosforin osalta puolestaan erot laskevat alun 300 µg:sta/l alle 20 µg:aan/l.

Ryhmän 1 tulosta alentaa selvästi se, että sen pinta-alasta 76 % on alhaisen kuormituksen omaavalla pisteen 15 valuma-alueella. Ryhmän 3 tulosta nostaa selvästi näytteenottopisteen 3 suuret kuormitusarvot pinta-alaan nähden. Kaukovaluma-alueen fosforipitoisuudet ja -kuormitukset pinta-alaa kohti olivat ryhmän 2 mukaisia. Maksimipitoisuudet olivat ryhmän 3 mukaisia ja minimipitoisuudet kokonaisfosforin osalta olivat kaukovalumapistettä suurempia vain pisteessä 10.

Kokonaisfosforikuormitukset pinta-alaa kohti olivat korkeimmillaan näytteenottopisteissä 3, 5 ja 10, joissa peltopinta-alaa on 17, 34 ja 19 prosenttiyksikköä. Näytteenottopisteen 5 uomaan ympäröivien peltojen kaltevuus on 1,5 -3 %, eli hieman keskimääräistä kaltevampaa. Peltopinta-alaa on myös paljon. Pisteiden 3 ja 10 typpikuormitukset pinta-alaa kohti olivat myös korkeita. Karjatalous luultavasti vaikuttaa pisteen 10 korkeisiin pitoisuuksiin ja kuormituksiin pinta-alayksikköä kohti. Myös korkeat fosfaattifosforipitoisuudet ovat karjataloudelle tyypillistä. Keskipitoisuudet olivat korkeita pisteissä 5, 10 ja 16. Jälkimmäisessä maataloutta on yli puolet pinta-alasta. Kuormitukset suhteessa pinta-alaa olivat pieniä pisteissä 4, 12 ja 15. Ravinteita niiden valuma-alueilta päätyy heikosti myös typen osalta. Alueet ovat tasaisia, mutta kuuluvat ryhmiin 1 ja 2. (Arvola 2012a; Mäkelä 2012.)

Liuenneen orgaanisen hiilen keskipitoisuudet ovat ryhmäkohtaisesti sitä korkeammat, mitä metsätalousvaltaisempi ryhmä on kyseessä (kuvio 21). Keskipitoisuudet eivät ole vielä minkään ryhmän, eikä kaukovaluma-pisteen osalta saavuttaneet maksimiaan näytteenottoajanjakson alussa. Trendi on tämän jälkeen laskeva.



KUVIO 21. Eri näytteenottopisteryhmien ja kaukovaluma-alueen DOC-pitoisuuksien kehitys näytteenottoajanjakson aikana

Kaukovalumapiste käyttäytyy hieman erilaisesti nousten ajanjakson loppuvaihetta kohti ja kääntyen vasta sitten laskuun. Sen DOC-pitoisuus on ajanjakson alussa ryhmien keskipitoisuuksia pienempi, kun taas lopussa se on yhtä korkea kuin ryhmällä 3. Minimi- ja maksimiarvojen erot ovat pitkään noin 18 mg/l, kunnes lopulta laskevat 13 mg:aan/l

6.3 Tulosten korreloiminen maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken

Kuormituksen ja maankäytön korreloimisella selvitetään mittaamattomien alueiden kuormittavuus. Korrelaatio ei kerro syy-seuraussuhteesta. Kuitenkin esimerkiksi ravinnepitoisuuden muokkaaminen ei muuta maankäyttöä, vaan päinvastoin. Riippuvuussuhde on täydellinen, jos korrelaationkerroin (R^2) on yksi. Mitä lähempänä se on nollaa, sitä vähemmän parametreilla on tekemistä toistensa kanssa. Regressiosuoran kulmakertoimen ollessa positiivinen on maanpeitteellä ja -käytöllä positiivinen vaikutus verrattavaan arvoon.

Luotettavimpia tuloksia ovat maatalousalueiden ja metsä- ja kalliomaiden korrelaatiot, koska näytteenottopisteiden valuma-alueilla on suuria eroja näiden maankäyttöjen prosenttiosuuksien välillä. Maanpeitteestä ja -käytöstä maatalousalueita on 5 - 60 % ja metsä- ja kalliomaita 27 - 89 %. Epäluotettavimpia tuloksia ovat vesialueiden sekä kosteikkojen ja avosoiden korrelaatiot. Tämä johtuu siitä, että suurimmassa osassa näytteenottopisteitä ei ole yhtään vesialueita, ja kosteikkoja ja avosoita on vain kahdessa pisteessä yli 2 % maanpeitteestä ja -käytöstä.

Ravinnepitoisuuksien, turbiditeetin ja virtausolosuhteiden korrelointi maanpeitteen ja -käytön kanssa on esitetty taulukossa 14 (liitteet 7 - 12). Esimerkiksi yhden prosenttiyksikön lisäys maatalousaluetta nostaa kokonaistyyppipitoisuutta 81 µg/l. Korrelaatiokerroin on suurimmillaan 0,41. Riippuvuussuhteet eivät siis ole läheläkään absoluuttisia.

TAULUKKO 14. Näytteenottopisteiden keskipitoisuuksien ja tulosten keskiarvojen riippuvuussuhde maanpeitteeseen ja -käyttöön (liitteet 7 - 12)

	NOP 1-18 keskipitoisuus/-arvo	Maanpeite ja -käyttö (%)				
		Maatalousalueet	Metsä- ja kalliomaat	Vesialueet	Rakennetut alueet	Kosteikot ja avosuot
Regressiosuoran kulmakertoimen	N _{kok} µg/l	81	-59	-55	-39	824
	NO ₂ -N ja NO ₃ -N µg/l	71	-52	-51	-36	798
	NH ₄ -N µg/l	0,75	-0,84	3,16	4,09	-2,70
	P _{kok} µg/l	1,16	-0,83	-1,69	0,08	3,01
	PO ₄ -P µg/l	0,60	-0,36	-1,79	-0,78	0,53
	DOC mg/l	-0,13	0,13	-0,41	-0,51	-1,23
	Turbiditeetti µS/cm	0,18	-0,07	-0,25	-0,26	2,68
	Lämpötila FNU	0,00	0,00	0,05	-0,05	0,14
	Sähkönjohtokyky µS/cm	2,77	-2,68	1,55	11,05	1,78
	Happamuus pH	0,01	-0,01	0,08	0,05	0,07
	Virtaama m ³ /s	0,00	0,00	0,04	0,00	-0,06
Korrelaatiokerroin R ²	N _{kok}	0,31	0,22	0,00	0,01	0,11
	NO ₂ -N ja NO ₃ -N	0,31	0,22	0,01	0,01	0,13
	NH ₄ -N	0,05	0,08	0,03	0,09	0,00
	P _{kok}	0,14	0,09	0,01	0,00	0,00
	PO ₄ -P	0,11	0,05	0,03	0,01	0,00
	DOC	0,21	0,31	0,07	0,22	0,07
	Turbiditeetti	0,04	0,01	0,27	0,01	0,03
	Lämpötila	0,00	0,01	0,03	0,09	0,03
	Sähkönjohtokyky	0,33	0,41	0,00	0,36	0,00
	Happamuus	0,23	0,41	0,33	0,29	0,03
	Virtaama	0,02	0,01	0,10	0,00	0,03

Vertailukohtana regressiosuoran kulmakertoimen suuruuteen voidaan käyttää näytteenottoajanjakson keskiarvoja. Ravinteiden koko näytteenottoajanjakson keskiarvo kokonaistypellä on 3300 µg/l, nitriitti- ja nitraattitypellä 2500 µg/l, ammoniumtypellä 66 µg/l, kokonaisfosforilla 65 µg/l, fosfaattifosforilla 19 µg/l, ja DOC:illa 15 mg/l (liite 1). Turbiditeettikeskiarvo on 26 FNU, lämpötilakeskiarvo 4,3 °C, sähkönjohtokykykeskiarvo 150 µS/cm, happamuuskeskiarvo 6,4 pH-asteikolla, virtaamakeskiarvo 3,5 m³/s ja 0,25 m³/s, jos kaukovalumapistettä ei oteta huomioon (liite 1). Esimerkiksi kulmakertoimen 33 kokonaistypen osalta tarkoittaa paljon pienempää vaikutusta kuin 6,5 kokonaisfosforin osalta, koska kokonaistyyppipitoisuudet ovat yleensä selkeästi suurempia.

Ravinteiden osalta maatalousalueilla korrelaatiokerroin on suurimmillaan kokonaistypen, nitriitti- ja nitraattitypen ja DOC:n suhteen. Korrelaatio on positiivinen typpi- ja fosforipitoisuuksien osalta, mistä voidaan päätellä maatalousalueiden positiivisesta vaikutuksesta vesistön fosfori- ja typpikuormitukseen. Jokainen prosentti maatalousalueita maankäytöstä nostaa suhteellisesti eniten kokonaistyyppipitoisuutta 81 µg/l, nitriitti- ja nitraattipitoisuutta 71 µg/l ja fosfaattifosforipitoisuutta 0,60 µg/l. DOC:n osalta korrelaatio on negatiivinen (kulmakertoimen negatiivi-

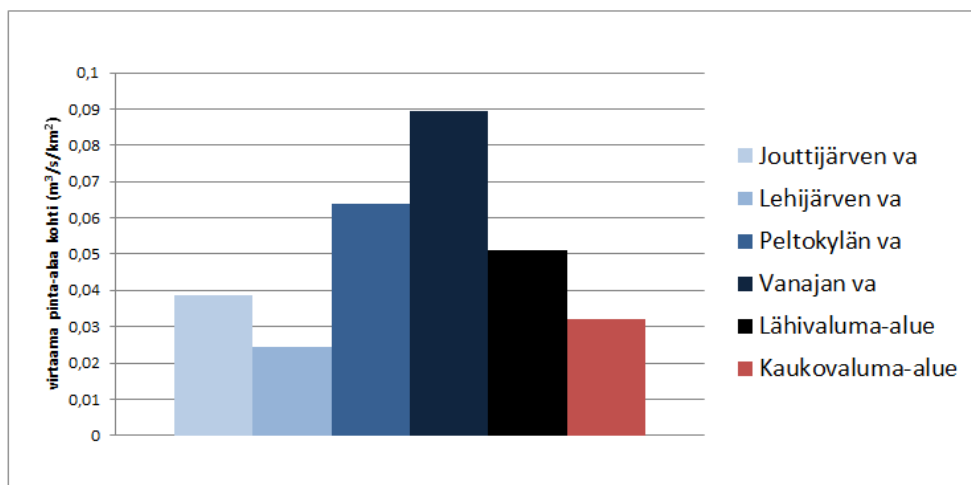
nen). Metsä- ja kalliomailla tulokset ovat päinvastaiset. Kertoimet ovat suurimmillaan samoilla ravinteilla, mutta korrelaatio on positiivinen vain DOC:n osalta.

Maankäytössä jokainen prosentti metsä- ja kalliomaita vähentää suhteellisesti eniten kokonaistyyppipitoisuutta 52 µg/l, nitriitti- ja nitraattipitoisuutta 71 µg/l ja fosfaattifosforipitoisuutta 0,36 µg/l. Vesialueilla ravinteiden ja maankäytön riippuvuussuhteet ovat pieniä. Rakennetuilla alueilla kerroin on suurin DOC:n osalta. Myös ammoniumtypen osalta riippuvuutta on. Tämä johtuu luultavasti siitä, että yhdyskuntien jätevesistä vesistöön johdetaan nimenomaan ammoniumtypeä (Oravainen 1999, 21). Kosteikoilla ja avosoilla ammoniumtypen, kokonaisfosforin ja fosfaattifosforin osalta riippuvuutta ei ole. Kokonaistypen ja nitriitti- ja nitraattitypen osalta regressiosuoran kulmakerroin on merkittävä, noin 800 µg/l molemmissa. Tulokseen kannattaa suhtautua varauksella, koska korrelaatiokertoimet ovat pieniä.

Turbiditeetin osalta korrelaatiokertoimet ovat pieniä kaikkien muiden alueiden, paitsi vesialueiden kesken. Vesialueiden määrä näyttäisi vähentävän veden turbiditeettiä. Maanpeitteellä ja -käytöllä ei ole mainittavaa riippuvuussuhdetta virtausolosuhteiden osalta lämpötilaan, eikä virtaamaan. Sähkönjohtokyvyn korrelaatiokertoimet ovat suhteellisen korkeita maatalousalueiden, metsä- ja kalliomaiden ja rakennettujen alueiden osalta. Rakennetuilla alueilla sähkönjohtokyky kasvaa 11 µS/cm jokaista prosenttiyksikön lisäystä kohti. Maatalousalueilla se nousee 3 µS/cm ja metsä- ja kalliomailla laskee 3 µS/cm. Kaikista parametreista happamuuteen maanpeitteellä ja -käytöllä on suurin riippuvuussuhde. Vain kosteikkoihin ja avosoihin on riippuvuus heikko. Jokaiselta pinta-alaprosentilta vesialueet ja rakennetut alueet nostavat pH:ta 0,08 ja 0,05 yksikköä, kun maatalousalueet nostavat sitä 0,01 yksikköä ja metsä- ja kalliomaat laskevat sitä 0,01 yksikköä.

6.4 Valuma-alueiden kuormitusvaikutusten vertailu

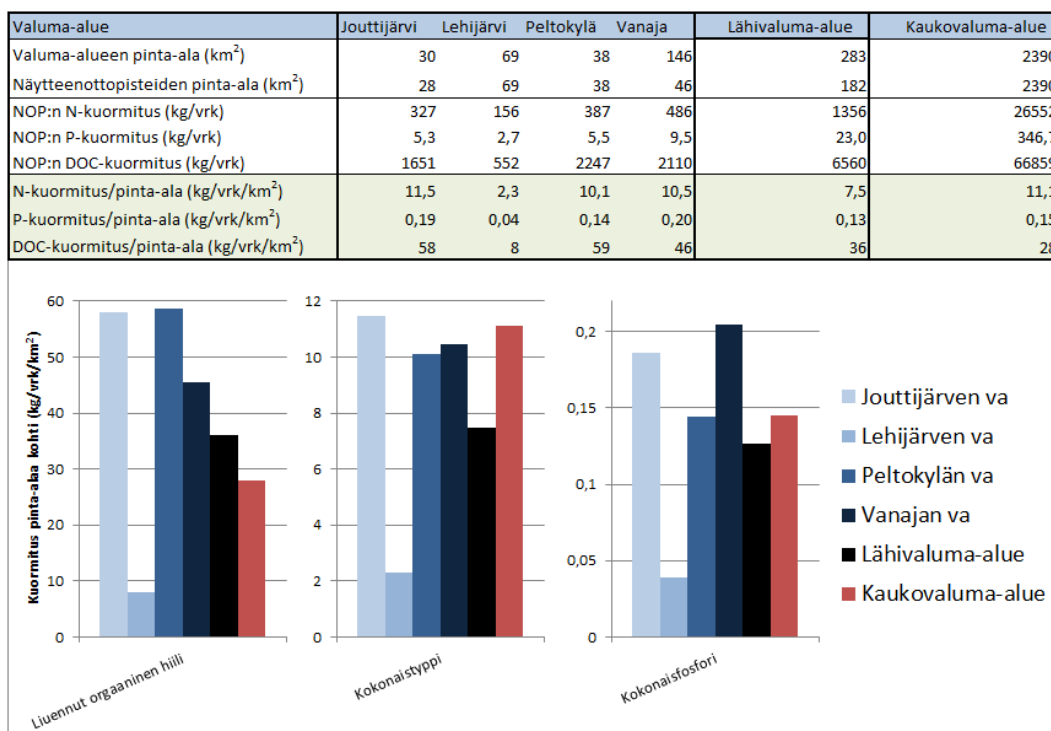
Lähivaluma-alueen virtaama on $6,43 \text{ m}^3/\text{vrk}$ ($4,13 \text{ m}^3/\text{s} / 0,642$) ja kaukovaluma-pisteen virtaama on $59,45 \text{ m}^3/\text{vrk}$. Yhteensä keskimäärin kokonaisvaluma-alueelta vettä virtasi siis $65,9 \text{ m}^3/\text{vrk}$, josta lähivaluma-alueen osuus oli hieman yli 10 %. Valuma-alueiden virtaamissa oli huomattavia eroja (kuvio 22).



KUVIO 22. Vanajaveden lähi- ja kaukovaluma-alueiden virtaama pinta-alaa kohti

Lehijärvi hidastaa kevätvaluntaa Vanajavedelle, koska sen vedenpinta nousee jär-vialtaassa lunten sulaessa (Arvola 2012b). Vanajan valuma-alueella vedet virtaa-vat lyhyen matkan ja pääosin suoraan Vanajaveteen ilman näitä järivialtaiden vai-kutuksia.

Kaukovaluma-alue on pinta-alaltaan 8,4-kertainen lähivaluma-alueeseen verrattu-na ja 16,3-kertainen Vanajan osavaluma-alueeseen verrattuna (taulukko 5, liite 6). Lähivaluma-alueen näytteenotopisteiden valuma-alueista koostuu kaksi kolmas-osaa (64,2 %) lähivaluma-alueen pinta-alasta. Vanajan valuma-alueen pisteiden valuma-alueista koostuu kolmannes (31,8 %) sen pinta-alasta. Näytteenotopis-teestä 17 on 89 % Peltokylän valuma-alueella ja pisteestä 15 on 99 % Lehijärven valuma-alueella. Esimerkiksi Peltokylän vaikutukseksi on laskettu 89 % pisteen 17 kuormitusarvoista. Pisteen 11 kuormitusvaikutusta ei ole huomioitu, sillä joki siitä virtaa näytteenotopisteeseen 12. Kauko- ja lähivaluma-alueiden näytteenot-topisteiden kuormitustulosten ja pinta-alalaskelmien avulla pystytään vertailla eri osavaluma-alueiden vaikutusta Vanajaveden kuormituksessa (kuvio 23).



KUVIO 23. Valuma-alueiden vuorokausikohtaiset DOC-, typpi- ja fosforikuormitukset ja kuormitus pinta-alaa kohti näytteenottoajanjakson aikana

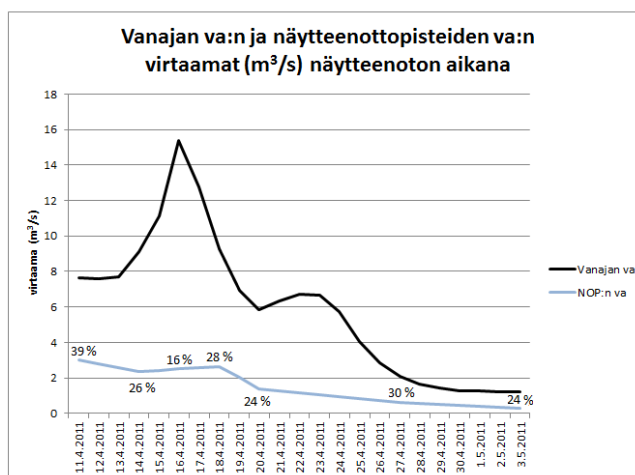
Näytteenottoajanjaksona kaukovaluma-alueen typpikuormitus oli keskimäärin 26 551 kg N/vrk, fosforikuormitus 347 kg P/vrk ja DOC-kuormitus 66 859 kg C/vrk. Lähivaluma-alueen näytteenottopisteiden typpikuormitus oli 1356 kg N/vrk, fosforikuormitus 23,0 kg P/vrk ja DOC-kuormitus 6560 kg C/vrk. Vanajan valuma-alueen pisteiden typpikuormitus oli 486 kg N/vrk, fosforikuormitus 9,5 kg P/vrk ja DOC-kuormitus 2110 C/vrk.

Kokonaistyyppikuormitus vuorokaudessa pinta-alayksikköä kohti (kg N/vrk/km²) oli Jouttijärven va:lla 11,5, Lehijärven va:lla 2,3, Peltokylän va:lla 10,1, Vanajan va:lla 10,5, lähivaluma-alueella 7,5 ja kaukovaluma-alueella 11,1. Kuormitus suhteutettuna pinta-alaan oli siis yhtä suurta verrattuna kaukovaluma-alueeseen muilla lähivaluma-alueen osavaluma-alueilla, paitsi Lehijärven va:lla. Lehijärven va:n vähäistä kuormitusta selittää Lehijärven ravinteita pidättelevä vaikutus. DOC-kuormitus vuorokaudessa pinta-alayksikköä kohti (kg C/vrk/km²) oli Jouttijärven va:lla 58, Lehijärven va:lla 8, Peltokylän va:lla 59, Vanajan va:lla 46, lähivaluma-

alueella 36 ja kaukovaluma-alueella 28. Kuormitus oli siis suurempaa lähivaluma-alueella suhteutettuna pinta-alaan, paitsi Lehijärven v-a:lla.

Fosforikuormitus vuorokaudessa pinta-alayksikköä kohti (kg P/vrk/km^2) oli Jouttijärven va:lla 0,19, Lehijärven va:lla 0,04, Peltokylän va:lla 0,14, Vanajan va:lla 0,20, lähivaluma-alueella 0,13 ja kaukovaluma-alueella 0,15. Kuormitus suhteutettuna pinta-alaan oli siis suurempaa Vanajan ja Jouttijärven osavaluma-alueilla. VEMALA vesistömallin mukaan näillä alueilla keskikaltevuus (%) on 2,1 ja 2,8, peltopitoisuus ($\mu\text{g/l}$) 409 ja 432, ja P-luku (mg/l) 13,3 ja 13,2. Pellot ovat jyrkempiä ja niitä myöten valuu fosforia enemmän kuin Peltokylän ja Lehijärven valuma-alueilla. Niissä keskikaltevuus on kummassakin 1,9 %, peltopitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) 393 ja 380, ja P-luku (mg/l) 18,8 ja 18,7. P-luku kertoo peltojen ravinteisuudesta ja yli 20 on jo hyvin korkea (Valpasvuo-Jaatinen 2008, 3). VEMALAN tuloksista saamme vaihtoehtoisia päätelmiä lähivaluma-alueen vaikutuksesta Vanajaveden fosforikuormittajana (kuvio 24). Virtaama Vanajan valuma-alueella näytteenottoajanjakson aikana oli 21 % vuotuisesta virtaamasta.

Vuorokausi	Virtaama (m^3/s)		Fosforikuormitus (kg P/vrk)	
	NOP:n va	Vanajan va	NOP:n va	Vanajan va
11.4.2011	3,0	7,7	49	126
12.4.2011	2,8	7,6	42	113
13.4.2011	2,6	7,7	35	104
14.4.2011	2,4	9,1	29	112
15.4.2011	2,4	11,1	27	123
16.4.2011	2,5	15,4	25	153
17.4.2011	2,6	12,7	23	115
18.4.2011	2,6	9,3	21	75
19.4.2011	2,0	6,9	15	53
20.4.2011	1,4	5,9	10	42
21.4.2011	1,3	6,4	9	43
22.4.2011	1,2	6,7	8	44
23.4.2011	1,1	6,6	7	41
24.4.2011	0,9	5,8	6	34
25.4.2011	0,8	4,1	5	22
26.4.2011	0,7	2,8	4	15
27.4.2011	0,6	2,1	3	10
28.4.2011	0,6	1,6	3	8
29.4.2011	0,5	1,4	3	7
30.4.2011	0,5	1,3	2	7
1.5.2011	0,4	1,3	2	7
2.5.2011	0,3	1,2	2	7
3.5.2011	0,3	1,2	2	7
Keskiarvo	1,45	5,91	14	55



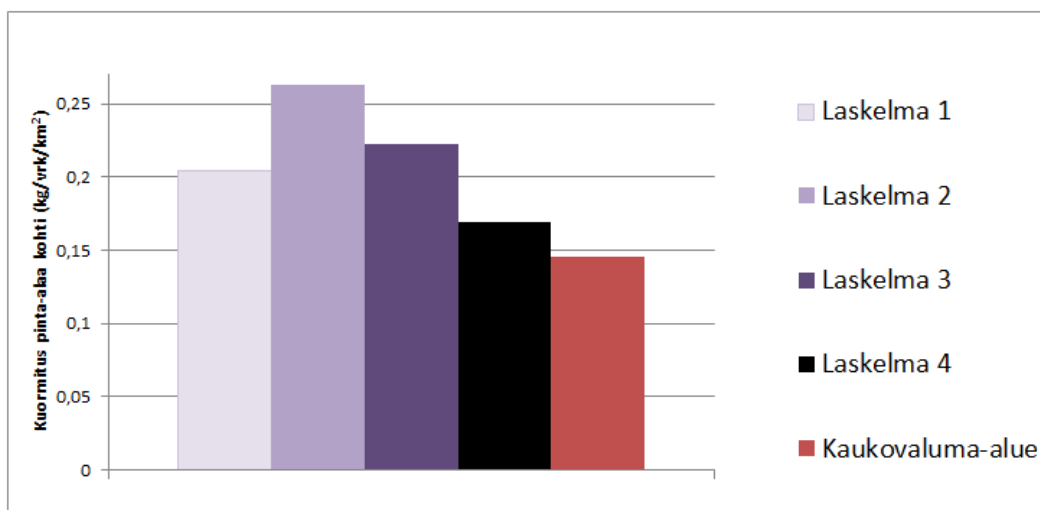
KUVIO 24. Vanajan va:n ja siinä olevien näytteenottopisteiden va:n virtaamat ja fosforikuormitukset (Suomen ympäristökeskus 2012a)

Tässä tarkkailussa oletetaan virtaaman olevan näytteenottoajanjakson aikana suuruudeltaan samanlainen (21 % vuoden kokonaisvirtaamasta) kaikissa lähivaluma-alueen osavaluma-alueissa ja kaukovaluma-alueella. Vanajan valuma-alueelta Vanajaveteen tuleva fosforikuormitus on VEMALAn mukaan 7139 kg/v (Suomen ympäristökeskus 2012a). Näytteenottoajanjakson aikana fosforikuormitus olisi siis 1498 kg ($7139 \text{ kg/v} \cdot 21 \%$), eli $0,26 \text{ kg/vrk/km}^2$. VEMALAn mukaan virtaama näytteenottopisteiden valuma-alueilta on 24,6 % Vanajan kokonaisvirtaamasta. Tällöin kokonaiskuormitukseksi saadaan 55 kg/vrk , eli $0,22 \text{ kg/vrk/km}^2$.

Mittaamattomien valuma-alueiden fosforikuormitus voidaan päätellä paikkatietoaineistoista kerätyn maankäyttäjakauman ja korrelaatiokäyrien avulla. Näiden alueiden kuormittavuuteen vaikuttaa varmasti suuresti niiden maankäyttö. Mittaamattomia alueita on käytännössä pelkästään Vanajan valuma-alueella. Näistä alueista valumavedet virtaavat osittain suoraan Vanajaveteen, minkä takia kuormitusten voidaan olettaa olevan suurempia. Taulukkoon 5 on laskettu näiden alueiden pinta-alat ja maankäyttäjakaumat.

Maatalousalueita on 22 %, mikä on vähemmän kuin mitattujen alueiden 29 %. Koska maatalousalueiden kohdalla korrelaatio oli voimakkainta (korrelaatiokerroin 0,14), käytetään tätä tietoa päätelmään (taulukko 14, liite 9). Mittaamattoman alueen kokonaisfosforipitoisuudeksi saadaan $56 \mu\text{g/l}$ ($1,1611 \cdot 22 \mu\text{g/l} + 30,746 \mu\text{g/l}$). Kokonaispinta-ala tällä alueella on 99 km^2 ja virtaama on $3,12 \text{ m}^3/\text{s}$, jos mittaamattomien alueiden virtaama käyttäytyy samalla tavalla kuin mitattujen ($1,45 \text{ m}^3/\text{s}$:n virtaama 46 km^2 :n alueella). Fosforikuormitukseksi saadaan $15,2 \text{ kg/vrk}$, eli $0,15 \text{ kg/vrk/km}^2$. Kun mitattujen ja mittaamattomien alueiden pinta-alkaakohtaiset kuormitukset otetaan huomioon, saadaan Vanajan valuma-alueen kuormittavuudeksi $0,17 \text{ kg/vrk/km}^2$.

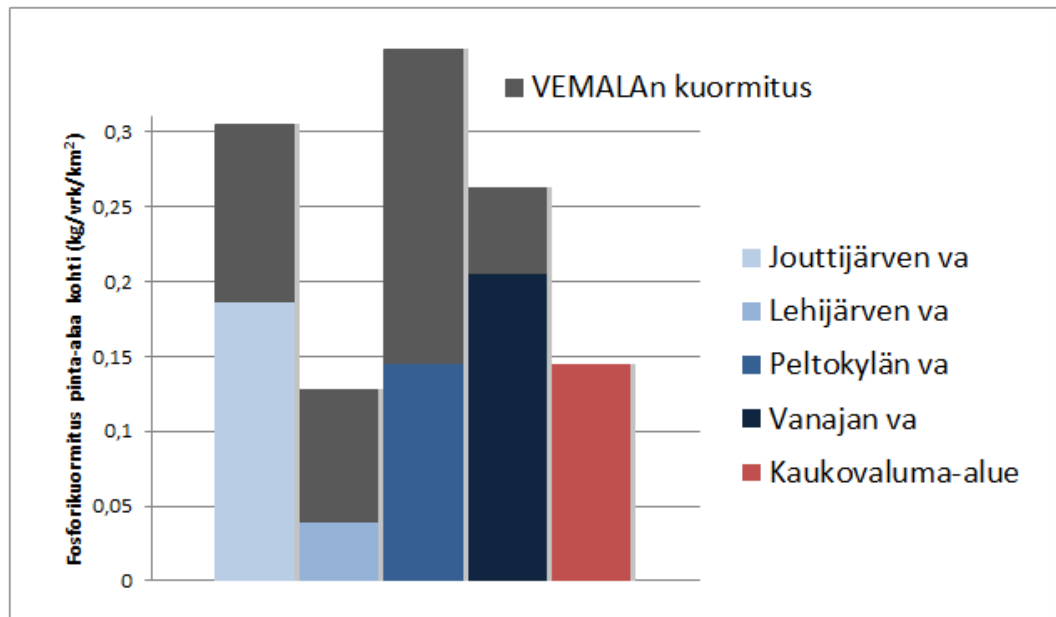
Vanajan valuma-alueen näytteenottopisteissä fosforikuormitus oli $0,20 \text{ kg/vrk/km}^2$ (kuvio 23). Kuvioon 25 on koottu neljä eri laskentaa Vanajan vaikutuksesta Vanajaveden fosforikuormituksessa. Vertailukohtana on kaukovaluma-alueen vaikututus.



KUVIO 25. Vanajan va:n vaikutus Vanajaveden fosforikuormitukseen

Kuvion 25 neljä laskelmaa ovat eri laskemistavoilla saadut fosforikuormitukset pinta-alaa kohti Vanajan valuma-alueella. Laskelmassa yksi oletettiin, että koko valuma-alueella kuormitus on sama kuin näytteenottopisteissä. Toinen laskelma perustui VEMALAn fosforikuormituslaskelmiin. Kolmannessa laskelmassa käytettiin VEMALAn virtaamatuloksia ja mitattuja ravinnepitoisuuksia hyödyksi. Neljännessä laskelmassa mittaamatta jääneiden alueiden vaikutus laskettiin maatalousalueiden ja fosforipitoisuuksien korrelaation mukaan. Kolmannessa laskelmassa oli vähiten epävarmuustekijöitä, vaikkakin fosforikuormitukset luultavasti ovat todellisuudessa korkeampia, koska alueet aivan Vanajaveden vieressä luultavasti kuormittavat enemmän. Näitä alueita on vain vähän mitattuna, koska mittaus pitää tehdä pienistä purovirtauksista.

Kuviossa 26 vertaillaan Vanajaveden lähivaluma-alueen osavaluma-alueiden vaikutusta Vanajaveden fosforikuormitukseen. Kahdesta erilaisesta laskennasta ensimmäinen perustuu mittaustuloksiin ja toinen VEMALAn virtaama- ja fosforikuormitusarvoihin.



KUVIO 26. Lähivaluma-alueen osavaluma-alueiden vaikutus Vanajaveden fosforikuormitukseen

VEMALAn mukaan Jouttijärven valuma-alueelta lähtevä fosforikuormitus on 999 kg/v ja näytteenottoajanjakson aikana 210 kg, eli 0,30 kg/vrk/km². Peltokylän valuma-alueelta lähtevä fosforikuormitus on 1522 kg/v ja näytteenottoajanjakson aikana 319 kg, eli 0,36 kg/vrk/km². Lehijärven valuma-alueelta lähtevä fosforikuormitus on 960 kg/v ja näytteenottoajanjakson aikana 201 kg, eli 0,13 kg/vrk/km². Lähivaluma-alueen fosforikuormitukseksi saadaan VEMALAn mukaan 2228 kg näytteenottoajanjakson aikana, eli 0,25 kg/vrk/km². VEMALA kuormituslaskennan fosforikuormitukset ovat suurempia, kuin laboratoriossa mitatut. Luultavasti monia pieniä virtaamia on jäänyt mittaamatta. Pintavalunnan mittaaminen useasta Vanajaveden varrella olevasta peltoalueesta kertoisi suoraan lähialueen vaikutuksen, mikä oletetusti on suurempi. Esimerkiksi lähivaluma-alue aiheuttaa jopa kolmanneksen Vanajaveden kuormittumisesta, jos sen kuormitus pinta-alaa kohti on kolminkertainen verrattuna kaukovaluma-alueeseen.

7 YHTEENVETO

Vanajaveden ensimmäisistä tutkimuksista lähtien kiinnostus sitä kohtaan on kasvanut Helsingin yliopiston Lammin biologisella asemalla. Vanajavesikeskuksella on laaja yhteistyöverkosto paikallisten toimijoiden kanssa ja se tähtää Vanajaveden valuma-alueen kuntoon saamiseen. Laki vesienhoidon järjestämisestä ja EU:n vesipuitedirektiivi velvoittavat Vanajaveden tilan parantamiseen sen nykyisestä tyydyttävästä ekologisesta tilasta. Vanajavettä ja sen valuma-aluetta seuraamalla on saatu selville, miltä alueilta ravinteet Vanajavedelle päätyvät. Valuma-alueen latvajärvet ovat erinomaisessa kunnossa, mutta Vanajavettä kohti joet muuttuvat ravinteikkaammiksi. Ravinteita kuitenkin sitoutuu jokiin. Tämän takia lähivaluma-alueen merkitys voi olla huomattava, vaikka se on kooltaan vain kymmeneksen Vanajaveden kokonaisvaluma-alueesta. Lähivaluma-alueen merkittävyys Vanajaveden kuormittajana haluttiin selvittää.

Vanajaveden valuma-alue kuuluu Kokemäenjoen vesistöön ja on kooltaan siitä kymmeneksen. Järven vedenlaatu on parantunut 1970-luvun kalakuolemien ajoista. Ongelmana on silti happivaje ja sinileväkukinnat kesällä. Rehevyys ja syanobakteerien määrä on kasvanut lähiaikoina hajakuormituksen takia. Maatalous ja haja-asutus aiheuttavat suurimman osan Vanajaveden ihmisperäisestä fosforikuormituksesta, kun pistekuormitus on yhteensä vain 11 %. Fosforirajoitteiseen Vanajaveteen puolet pistekuormituksesta tulee Paroisten jätevedenpuhdistamosta. Puhdistusteho fosforin osalta on ollut viime vuosina keskimäärin 97 %.

Vanajaveden kokonaisvaluma-alueen kuormituksia mitattiin 18:sta eri näytteenottopisteestä, joista 17 sijaitsi lähivaluma-alueella ja yksi Lepaan virran varrella, mihin kaukovaluma-alueen vedet valuvat. Näytteenotto ja virtaamamittaukset tehtiin Vanajaveden ympäri kulkevien teiden varrella huhti- ja toukokuussa vuonna 2011. Virtaama laskettiin siivikointi- ja uoman poikkileikkumittausten perusteella. Näytteenottopisteen veden lämpötila mitattiin kentällä ja pH, sähkönjohtokyky ja turbiditeetti Lammin biologisen aseman laboratoriossa. Näytteistä määriteltiin typpi-, fosfori- ja DOC-pitoisuudet.

Vanajaveden valuma-alueiden ja näytteenottopisteiden valuma-alueiden pinta-alat sekä maankäyttö ja -peite selvitettiin paikkatietoaineistolla. SYKEN valuma-aluejakoa, Maanmittauslaitoksen korkeusmalliaineistoa ja Metsähallituksen Retkikartta-verkkopalvelua käyttämällä rajattiin valuma-alueet. SYKEN Corine Land Cover -paikkatietoaineistolla ja kuvankäsittelyohjelmilla selvitettiin näiden pinta-alat sekä maanpeite ja -käyttö.

Metsiä ja kalliomaita kokonaisvaluma-alueesta on 60 % ja maatalousalueita 21 %. Metsä- ja kalliomaista selkeästi suurin osa on havumetsäalueita. Kauko- ja lähivaluma-alueet ovat huomattavan samankaltaisia maankäytön osalta. Lähivaluma-alueen pinta-alasta näytteenottopisteiden valuma-alueet kattavat kaksi kolmasosaa. Lähivaluma-alue koostuu Vanajan, Jouttijärven, Peltokylän ja Lehijärven osavaluma-alueista. Vain Vanajan valuma-alueelta löytyy alueita, joiden kuormitusta ei saatu selvitettyä.

Näytteenottopisteet ryhmiteltiin niiden maatalousvaltaisuuden mukaan. Maatalousvaltaisimmissa pisteissä typpi- ja fosforipitoisuudet olivat selvästi korkeampia, mikä on luultavasti myös vaikuttanut korkeaan sähkönjohtokykyyn. Lannoitteet lisäävät sähkönjohtavuutta, mutta niiden käyttö on kielletty lumipeitteiden aikana ja ennen 15. huhtikuuta. Karjatalous luultavasti aiheuttaa selkeästi suurimmat typpi- ja fosforikuormitukset. Peltosten kaltevuus oli joissain pisteissä muita suurempaa, mikä kevätvalunnan aikana lisää maapartikkeleiden valumista. Suojavyöhykkeet estäisivät valuntaa, mutta ne olivat riittämättömiä. Kuormitukset Lehijärven valuma-alueelta olivat näytteenottoajanjakson aikana merkittävästi alhaisemmat kuin muissa pisteissä. Lehijärvi pidättää ravinteita, hillitsee kevättulvia ja luultavasti ravinnepitoisuudet laskevat pohjaveden vaikutuksesta. Metsätalousvaltaisilla alueilla DOC-pitoisuus puolestaan oli voimakkaampaa. Korkeat DOC-arvot vedessä kertovat suurista humuspitoisuuksista.

Virtaavan veden lämpötila oli ensimmäisellä näytteenotokerralla 11.4.2011 lähellä nollaa astetta kaikissa näytteenottopisteissä. Kahdessa viikossa veden lämpötila uomissa nousi yli seitsemään asteeseen. Sulanut lumi laskee veden sähkönjohtavuutta, mutta sen mukana tuomat maapartikkelit lisäävät sitä. Happamuus normalisoitui näytteenottoajanjakson aikana nousemalla 0,5 pH-yksikköä. Kevätvalun-

nan aikana pH on yleensä 0,5-yksikköä normaalia pienempi. Pisteen 12 happamuus oli muita pienempi ja 20.4.2011 vain 5,0 pH-yksikköä, mikä johtuu luultavasti maaperästä tulevasta sulfidista tai muusta happamasta maa-aineksesta. Turbiditeetin trendi oli laskeva, mutta koska siihen vaikuttaa veden luontainen sameus, ei siitä voida suoraan päätellä esimerkiksi ravinnepitoisuuksia.

Terminen kevät alkoi normaaliin aikaan 2.4.2011. Kevätvalunnat edellisenä vuotena olivat olleet poikkeuksellisen voimakkaita, toisin kuin vuonna 2011.

VEMALA vesistömallin mukaan Vanajan valuma-alueella kevään virtaamahuippu tapahtui 16.4.2011 ja kaukovaluma-alueen virtaamahuippu Lepaan virrassa 13.4.2011. Typpipitoisuudet olivat siihen aikaan korkeimmillaan. DOC-pitoisuudet olivat korkeimmillaan myöhemmin 18.4.2011 ja fosforipitoisuudet aikaisemmin 11.4.2011. Kevään korkeimmat fosforipitoisuudet on voinut olla ennen ensimmäistä näytteenottokertaa.

Kauko- ja lähivaluma-alueiden kuormittavuuksia vertailtiin. Peltokylän, Jouttijärven ja Vanajan valuma-alueiden DOC-kuormitukset olivat kaksinkertaiset kaukovaluma-alueeseen verrattuna. Näillä alueilla typpikuormitukset olivat kaukovaluma-alueen kaltaisia ja fosforikuormitukset vain hieman suurempia.

Toiset laskelmat saatiin SYKEN VEMALA vesistömallin virtaama- ja fosforikuormitustietojen ja avulla. Laskelmissa joidenkin osavaluma-alueiden fosforikuormittavuudet paljastuivat yli kaksinkertaisiksi. Vanajan valuma-alueella näytteenottoajanjakson aikana virtasi 21 % koko vuoden virtaamista. Laskelmassa oletettiin että muissa valuma-alueissa kevätvalunta oli vastaavanlainen. Todellisuudessa näiden alueiden kevätvalunta on voinut alkaa aikaisemmin, tai se on voinut olla ajallisesti hitaampaa. Tällöin niiden vaikutus olisi enemmän mitattujen tulosten kaltainen.

Vanajan valuma-alueen fosforivaikutuksesta tehtiin neljä eri laskelmaa vesistömallin ja tämä tutkimuksen virtaama-, ravinnepitoisuus- ja maankäyttötietojen avulla. Kaikissa laskelmissa kuormitus oli 17 - 82 % suurempi kuin kaukovaluma-alueella. Mittaamatta jääneet alueet aivan Vanajaveden ympärillä ovat luultavasti vaikuttavampia. Näistä alueista vedet virtaavat pieninä puroina ja pintamaavaluntana suoraan Vanajaveteen. Muilta osavaluma-alueilta vedet virtaavat suuria jokia pitkin.

Opinnäytetyössä käsiteltiin vain ulkoisia kuormituslähteitä, mutta merkittävää on myös sisäinen kuormitus. Vuosikymmenten kuluessa Vanajaveteen on virrannut fosforikuormitusta etenkin maatalousalueilta. Tämä aiheuttaa järvessä happivajetta, mikä vapauttaa järven pohjasta lisää ravinteita. Pienten virtausten vaikutusta voitaisiin tutkia yhteistyöllä Vanajaveden rannan asukkaiden kanssa. Pieniä virtauksia voitaisiin myös ohjata ravinteita pidättäville imeytysalueille. Tarpeeksi leveät suojavyöhykkeet kaltevilla peltoalueilla etenkin rannoilla estäisivät ravinteiden valumisen järveen. Pellot eivät pääsääntöisesti kuitenkaan ulotu rantaan asti. SYKEN karttakuvat valuma-alueiden peltoalueista ja niiden kaltevuusprosentista paljastavat kolme kaltevaa peltoaluetta Vanajaveden läheisyydessä. Nämä ovat Tunturivuoren pohjoisosassa, Retulansaassa ja Luukonperässä.

Kuormituksen vähentämisessä oleellisia ovat mahdollisten kunnostushankkeiden kuormitusvaikutukset ja kustannukset. Haja-asutuksen ja maatalouden kuormitus riippuu asukkaiden mahdollisuuksista ja tahdosta. Pistekuormituslähteeseen on helpompi puuttua. Kuitenkaan esimerkiksi Paroisten jätevedenpuhdistamolta lähtevää fosforikuormitusta ei voida enää oleellisesti vähentää. Jätevedet haja-asutusalueella pitää puhdistaa asianmukaisesti vuodesta 2016. Hajakuormitukseen pyritään puuttumaan myös maatalouden ympäristötuen uudistuessa vuonna 2014.

LÄHTEET

Painetut lähteet:

Ekholm, M. 1993. Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallitus. Helsinki: Painatuskeskus.

Hakala, H. & Välimäki, J. 2003. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Gaudeamus Kirja.

Korhonen, J. 2007. Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut. Suomen ympäristö 45/2007. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Kotanen, J. 2005. Metsätalouden vaikutuksia pienten valuma-alueiden ominaispiirteisiin ja purojen veden laatuun. Esimerkkeinä Mujejärven alueen purot Nurmeksessa. Alueelliset ympäristöjulkaisut 392. Joensuu: Pohjois-Karjalan ympäristökeskus.

Lampen, S. & Viitamäki, M. 2002. Vanajaveden, Valteenojan ja Vanajanselän valuma-alueiden suojavyöhykkeiden yleissuunnitelma. Hämeen ympäristökeskuksen moniste 51/2002. Hämeenlinna: Hämeen ympäristökeskus.

Pietiläinen, O. -P. 2008. Yhdyskuntien typpikuormitus ja pintavesien tila. Suomen ympäristö 46/2008. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Pietiläinen, O. -P. & Räike, A. 1999. Typpi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina. Suomen ympäristö 313. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Seppänen, H. 1984. Sovellettu limnologia I. 828B. Espoo: Otakustantamo.

Vakkilainen, P., Kotola, J. & Nurminen, J. (toim.) 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Suomen ympäristö 776. Helsinki: Suomen ympäristöministeriö.

Sähköiset lähteet:

Euroopan komissio. 2010. Vesipolitiikan puitedirektiivi [viitattu 22.2.2012]. Saatavissa: <http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/wfd/fi.pdf>

HS-Vesi yritysesite. 2011. HS-Vesi [viitattu 14.2.2012]. Saatavissa: <http://www.hsvesi.fi/LiiteTiedostoNayta.asb?DokumenttiID=111119&TauluNimi=Tiedote&NakymaID=243&TiedoteID=53843>

Hämeenlinnan kaupunki. 2012. Kuntaliitos [viitattu 14.2.2012]. Saatavissa: <http://www.hameenlinna.fi/Hameenlinna-tietoa/Kuntaliitos/>

Ilmatieteen laitos. 2012. Kevätsään tilastot [viitattu 16.3.2012]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/kevattilastot>

Jäteveden johtaminen Hämeenlinnan Paroisten puhdistamolta Vanajaveteen. 2005. Länsi-Suomen Ympäristölupavirasto [viitattu 14.2.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=41341>

Kaipainen, H., Jutila, H., Bilaletdin, Ä. & Frisk, T. 2009. Vanajaveden vesiensuojelu ja yhdyskuntien jätevesikuormitus [viitattu 31.10.2011]. Pirkanmaan ympäristökeskuksen raportteja 1/2009. Pirkanmaan ympäristökeskus. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=108357&lan=fi>

Kansanen, P. & Aho, J. 1981. Changes in the macrozoobenthos associations of polluted Lake Vanajavesi, Southern Finland, over a period of 50 years [viitattu 31.10.2011]. Saatavissa: <http://www.sekj.org/PDF/anzf18/anz18-073-101.pdf>

Kekkilä Oy. 2012. Yritys [viitattu 21.2.2012]. Saatavissa: <http://www.kekkila.fi/kekkilae-group/yritys>

Kiiltomäki, A., Andrejev, O., Leppäranta, M., Jaatinen, E. & Arvola, L. 2010. Under-ice water circulation and element transport in lake Vanajanselkä, a large lake in southern Finland [viitattu 18.2.1012]. PowerPoint-esitys.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 2012a. Materiaalipankki [viitattu 22.2.2012]. Saatavissa:

<http://www.kvvy.fi/tietosivu.php?sivu=materiaalipankki&kieli=fi>

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 2012b. Vesistötutkimukset [viitattu 22.2.2012]. Saatavissa:

<http://www.kvvy.fi/tietosivu.php?sivu=vesisto&kieli=fi>

Laki vesienhoidon järjestämisestä 1299/2004. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2004/20041299>

Latauspalvelu LAPIO. 2011. Suomen ympäristökeskus [viitattu 13.12.2011]. Saatavissa: http://www.wp3.ymparisto.fi/lapio/lapio_flex.html#

Lehijärven suojeluyhdistys ry. 2011. Lehijärven suojeluyhdistys [viitattu 16.2.2012]. Saatavissa: <http://www.lehijarvi.net/>

Maaseutuvirasto. 2009. Opas ympäristötuen ehtojen mukaiseen lannoitukseen 2007-2013 [viitattu 2.4.2012]. Saatavissa:

http://www.mavi.fi/attachments/mavi/viljelijatuuet/hakuoppaatjaohjeet/ymparistotu_enperusjalisatoimenpiteidenoppaat/5FSJ2pUCH/912996_lannoiteopas_LR_vii.pdf

Metsähallitus. 2011. Retkikartta.fi [viitattu 11.12.2011]. Saatavissa:

<http://www.retkikartta.fi/retkikartta.php?lang=fi>

Oravainen, R. 1999. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna [viitattu 10.12.2011]. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Saatavissa: <http://www.kvvy.fi/opasvihkonen.pdf>

Pyhälähti, T., Sucksdorff, Y., Teiniranta, R. & Härmä, P. 2008. Ympäristöhallinnon paikkatieto- ja kaukokartoitusjärjestelmät [viitattu 9.4.2012]. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa:

http://www.greenetfinland.fi/fi/images/1/1f/SYKE_TP.pdf

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 2008. Pintavesien kalastoseuranta ja ekologisen tilan luokittelu [viitattu 22.2.2012]. Saatavissa:

<http://www.mitietorakenteet.fi/hankehaavi/RKTL/RKTL.php?hanid=42679>

Suomen ympäristökeskus. 2005. CORINE Land Cover 2000 [viitattu 9.4.2012].

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=29795>

Suomen ympäristökeskus. 2012a. VEMALA kuormituslaskenta [viitattu 14.3.2012]. Saatavissa VEMALA vesistömallijärjestelmästä Suomen ympäristökeskuksen Intranetissä.

Suomen ympäristökeskus. 2012b. Vesimuodostumat-järjestelmä [viitattu 2.3.2012]. Saatavissa OIVA-ympäristö- ja paikkatietopalvelusta rekisteröityneille käyttäjille: <http://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp>

Suomen ympäristökeskus. 2012c. VHS Seuranta [viitattu 22.2.2012]. Saatavissa OIVA-ympäristö- ja paikkatietopalvelusta rekisteröityneille käyttäjille:

<http://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp>

Valpasvuo-Jaatinen, P. 2008. Ravinteiden käyttö maataloudessa ja vesiensuojelu [viitattu 2.4.2012]. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Saatavissa:

<http://kotisivukone.fi/files/biolaitosyhdistys.palvelee.fi/tiedostot/valpasvuo-jaatinen.pdf>

Valpasvuo-Jaatinen, P. 2009. Vesipuidedirektiivi ~ vesienhoitosuunnitelmat maatalouden näkökulmasta [viitattu 2.3.2012]. Lounais-Suomen ympäristökeskus.

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=106131&lan=fi>

Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta 931/2000. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000931>

Valtion ympäristöhallinto. 2001. Luonnonhuuhtouma [viitattu 20.10.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12525&lan=fi#a0>

Valtion ympäristöhallinto. 2010. Pääjärvi [viitattu 21.2.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=379050&lan=FI#a3>

Valtion ympäristöhallinto. 2011a. Kokonaistyyppi [viitattu 10.12.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12878&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2011b. Paikkatietoaineisto: CORINE Land Cover 2006 ja 2000 [viitattu 9.4.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=360966&lan=fi&clan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2011c. pH [viitattu 9.4.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=77131>

Ympäristösuojelun tietojärjestelmä VAHTI. 2011. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 23.11.2011]. Saatavissa OIVA-ympäristö- ja paikkatietopalvelusta rekisteröityneille käyttäjille: <http://wwwp2.ymparisto.fi/OivaVahti/Default.htm>

Suulliset lähteet:

Arvola, L. 2011. Professori. Helsingin Yliopiston Lammin biologinen asema. Hämeenlinna. Suullinen tiedonanto 31.10.2011.

Arvola, L. 2012a. Professori. Helsingin Yliopiston Lammin biologinen asema. Suullinen tiedonanto. Hämeenlinna: Vanajavesikeskuksen vesijaoston kokous 6.3.2012.

Ilola, R. 2011. Erikoislaboratoriomestari. Helsingin yliopiston Lammin biologinen asema. Hämeenlinna. Suullinen ja kirjallinen tiedonanto 31.10.2011.

Mäkelä, S. 2012. Vesistöasiantuntija. Vanajavesikeskus. Hämeenlinna. Suullinen tiedonanto 14.3.2012.

Suomalainen, M. 2012a. Hydrologi. Pirkanmaan ELY-keskus. Hämeenlinna: Vanajavesikeskuksen vesijaoston kokous 6.3.2012.

Sähköpostiviestit:

Arvola, L. 2012b. Professori. Helsingin Yliopiston Lammin biologinen asema.
RE: Kationituloksia ja pH-pohdintoja [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Piepponen, T. Lähetetty 15.3.2012.

Suomalainen, M. 2012b. Hydrologi. Pirkanmaan ELY-keskus. VS: Virtaamia vuodelta 2011 [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Piepponen, T. Lähetetty 19.3.2012.

LIITTEET

LIITE 1. Näytteenottopisteiden profiilit ja tulokset

LIITE 2. Maanpinnankorkeuspaikkatietoaineiston päällä Vanajaveden lähivaluma-alueen osavaluma-alueet ja niiden purkupisteet

LIITE 3. Maanpeite- ja maankäyttöpaikkatietoaineiston päällä Vanajaveden lähivaluma-alueen osavaluma-alueet ja niiden purkupisteet

LIITE 4. Maanpeite- ja maankäyttöpaikkatietoaineiston päällä näytteenottopisteet ja niiden valuma-alueet eriteltynä

LIITE 5. Lähivaluma-alueen näytteenottopisteiden maanpeite ja -käyttö.

LIITE 6. Valuma-aluiden ja näytteenottopisteiden maanpeite- ja maankäyttöjakauma pinta-aloina ja prosentteina

LIITE 7. Kokonaistypen ja nitriitti- ja nitraattitypen korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken

LIITE 8. Kokonaistypen ja ammoniumtypen korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken

LIITE 9. Kokonais- ja fosfaattifosforin korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken






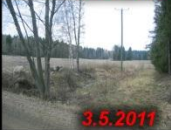
LIITE 10. Liuenneen orgaanisen hiilen ja turbiditeetin korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken

LIITE 11. Lämpötilan ja sähkönjohtokyvyn korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken

LIITE 12. Happamuuden ja virtaaman korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken

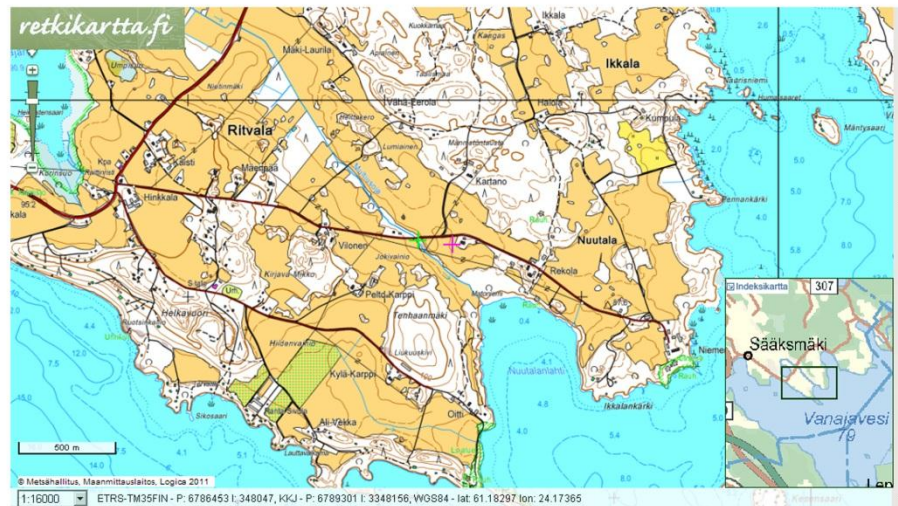
Näytteenottopiste 1






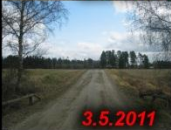


	T	Happamuus	Sijhtokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m³/s
 11.4.2011	0,1	6,00	98,6	50,6	55	4000	35	7	3000	17,9	0,07
 14.4.2011	1,8	6,17	90,9	58,9	46	3300	38	8	2400	17,0	0,13
 18.4.2011	3,4	5,92	69,9	81,3	41	1916	30	6	1400	18,5	0,16
 20.4.2011	1,7	6,02	74,0	30,1	-	-	-	-	-	16,5	0,07
 27.4.2011	7,5	6,07	75,5	18,0	13	802	10	2	475	14,2	0,05
 3.5.2011	5,2	6,41	81,1	13,2	14	672	11	4	380	11,0	0,03

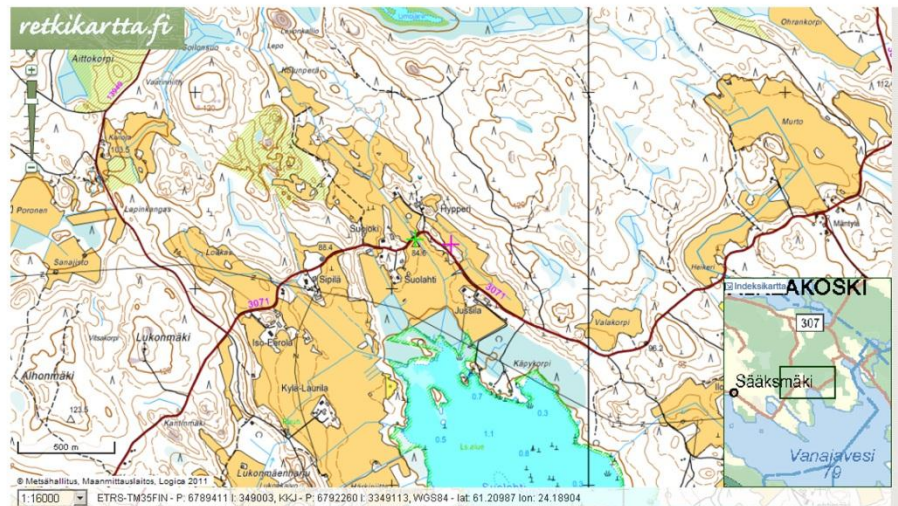
LIITE 1/2.




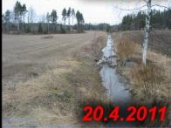


Näytteenottopiste 2



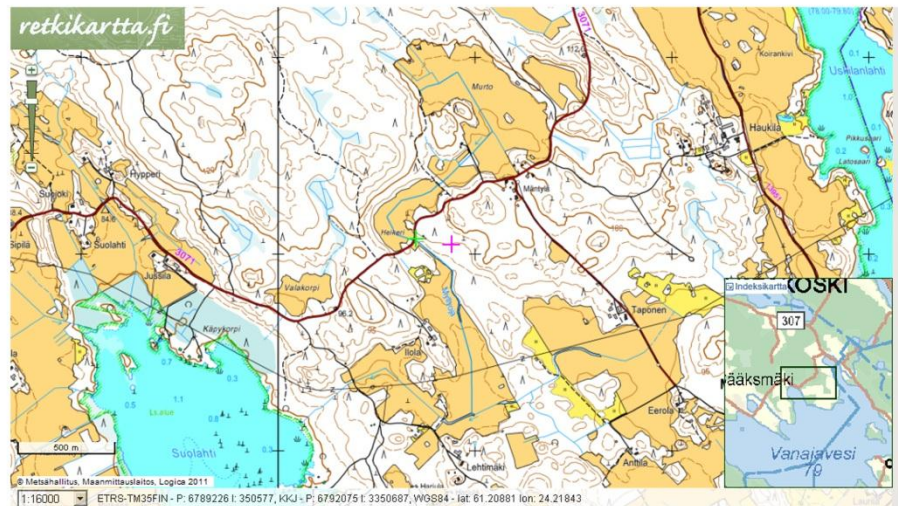
	T	Happamuus	Sijhtokyky	Turb.	P _{ok}	N _{ok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m ³ /s
 11.4.2011	0,5	6,08	200,2	68,9	97	9400	117	14	8050	13,1	0,32
 14.4.2011	1,8	6,53	152,7	44,0	76	6400	56	15	4100	14,6	0,28
 18.4.2011	4,2	6,34	139,0	73,9	71	4624	65	7	4250	13,6	0,29
 20.4.2011	2,1	6,38	149,7	35,8	-	-	-	-	-	12,9	0,16
 27.4.2011	8,9	6,83	158,5	35,3	26	2291	32	6	1900	13,5	0,04
 3.5.2011	6,3	6,82	183,8	25,4	54	1765	168	14	1300	9,9	0,01







Näytteenottopiste 3



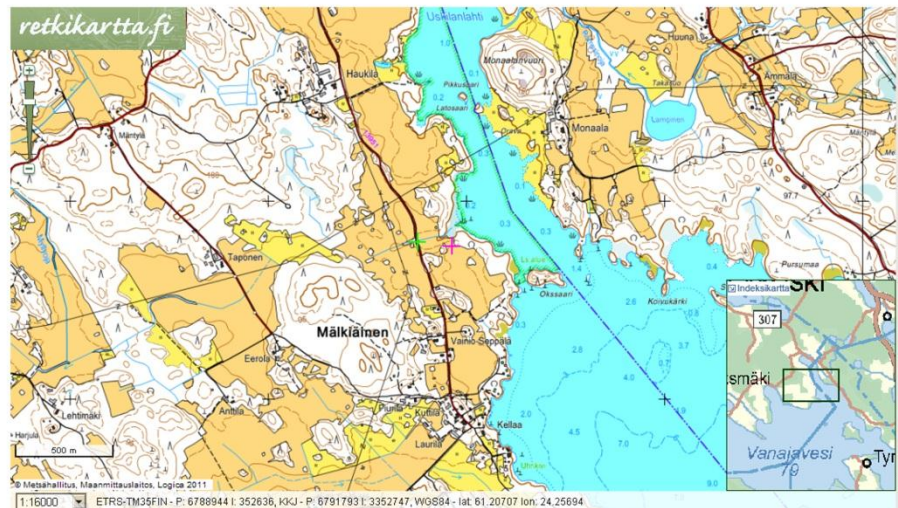
	T	Happamuus	Sjotokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m³/s
 11.4.2011	0,4	5,76	108,3	43,8	57	3300	70	12	2300	27,1	0,13
 14.4.2011	1,2	5,77	112,4	39,2	46	2700	96	5	1700	27,7	0,26
 18.4.2011	3,0	5,63	83,6	42,4	43	1459	74	6	944	24,3	0,38
 20.4.2011	2,3	5,52	84,6	22,1	-	-	-	-	-	25,5	0,19
 27.4.2011	9,6	5,86	86,6	20,9	15	784	19	4	290	13,5	0,08
 3.5.2011	7,2	6,23	87,4	11,1	20	1765	20	3	185	17,4	0,04







Näytteenottopiste 4



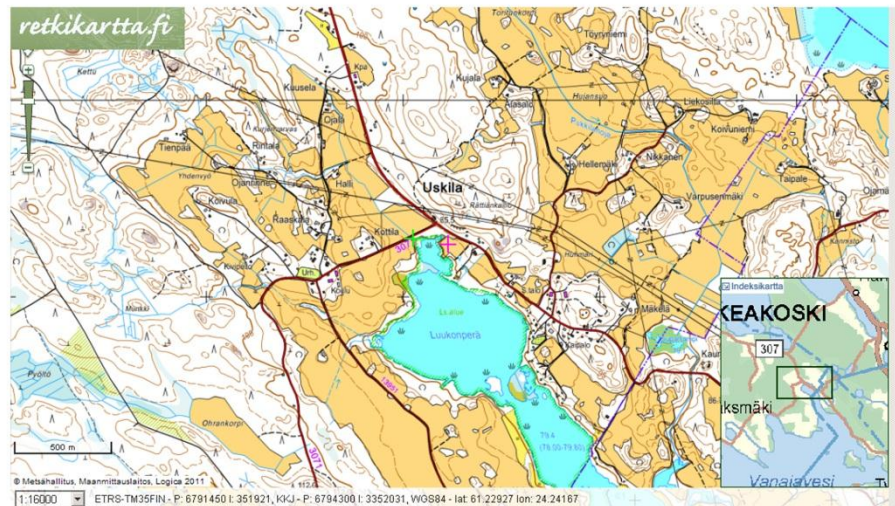
	T	Happamuus	Sijhtokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m ³ /s
 11.4.2011	0,0	6,27	92,5	30,6	75	3200	30	17	2400	11,1	0,07
 14.4.2011	0,9	6,31	94,6	31,7	62	2600	34	12	1800	12,1	0,09
 18.4.2011	3,4	6,13	66,7	58,5	38	1391	19	12	960	15,2	0,12
 20.4.2011	1,3	6,19	74,2	45,7	-	-	-	-	-	15,1	0,04
 27.4.2011	8,2	6,32	85,7	73,5	18	622	6	7	302	13,8	0,02
 3.5.2011	6,5	6,61	93,7	25,2	34	582	13	8	185	12,0	0,01







Näytteenottopiste 5



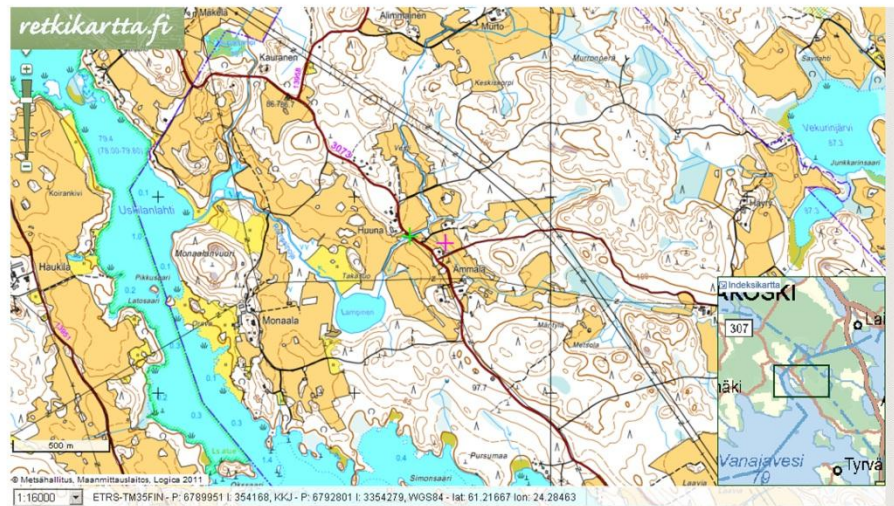
	T	Happamuus	Sjohotokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m³/s
	0,7	6,37	104,4	57,1	160	5900	18	63	4400	12,7	0,01
	0,7	6,48	91,4	88,7	173	4400	38	69	2900	11,1	0,03
	3,4	6,43	65,7	85,1	81	1700	12	55	1200	14,6	0,07
	1,4	6,43	74,2	33,7	-	-	-	-	-	15,9	0,01
	7,0	6,46	77,8	32,3	57	988	5	13	446	14,8	0,00
	6,0	6,82	120	21,1	42	773	14	12	340	12,0	0,00




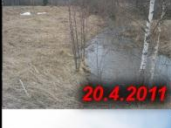


Näytteenottopiste 6



	T	Happamuus	Sijotokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m ³ /s
 11.4.2011	0,3	6,29	105,6	33,4	85	6200	43	24	4500	13,4	0,23
 14.4.2011	1,1	6,38	91,8	37,8	175	4300	51	23	3100	12,7	0,17
 18.4.2011	2,5	6,24	63,0	80,4	69	1969	41	15	1450	15,4	0,33
 20.4.2011	1,2	6,40	68,0	32,0	-	-	-	-	-	14,4	0,12
 27.4.2011	7,7	6,40	6,67	29,0	43	895	14	10	455	13,0	0,06
 3.5.2011	6,1	6,67	71,6	18,2	49	669	13	8	255	10,2	0,02

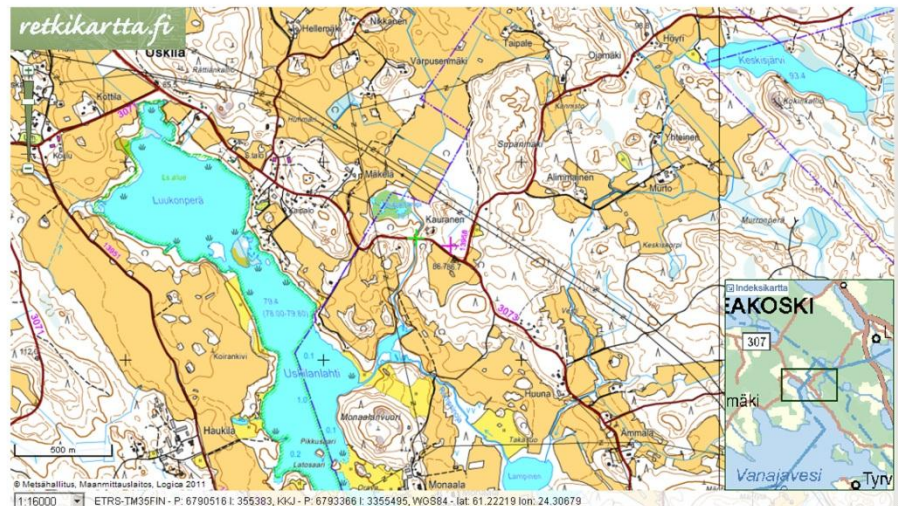
Näytteenottopiste 7









	T	Happamuus	Sjotokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m ³ /s
 11.4.2011	0,0	6,61	97,7	33,8	61	3000	115	7	2090	14,0	0,19
 14.4.2011	1,8	6,56	101,9	25,0	75	3700	119	9	2400	15,9	0,44
 18.4.2011	3,9	6,45	81,9	24,7	61	2374	43	5	1650	16,5	0,96
 20.4.2011	3,6	6,46	79,0	21,0	-	-	-	-	-	15,7	0,63
 27.4.2011	10,5	6,59	78,6	12,1	38	1606	53	3	916	16,4	0,51
 3.5.2011	9,3	6,87	81,0	12,9	45	1320	38	3	650	16,2	0,28

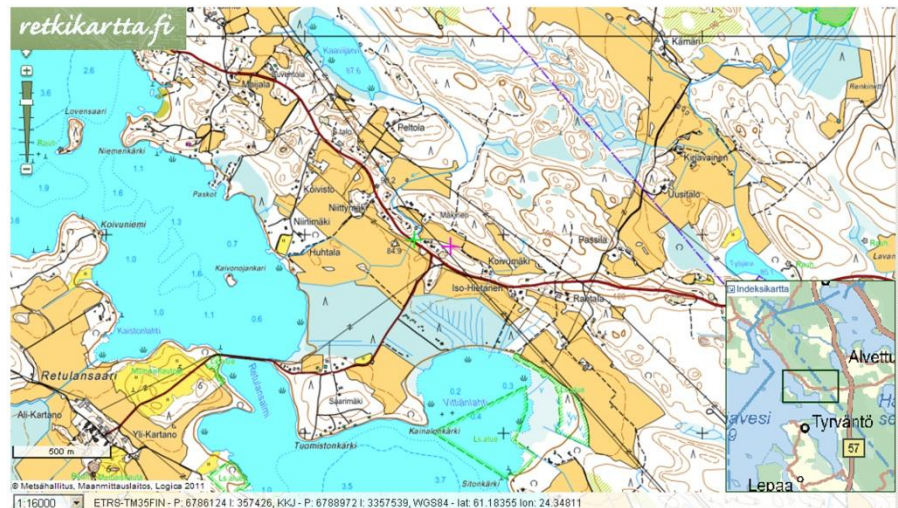
LIITE 1/8.






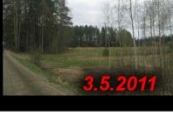
Näytteenottopiste 8



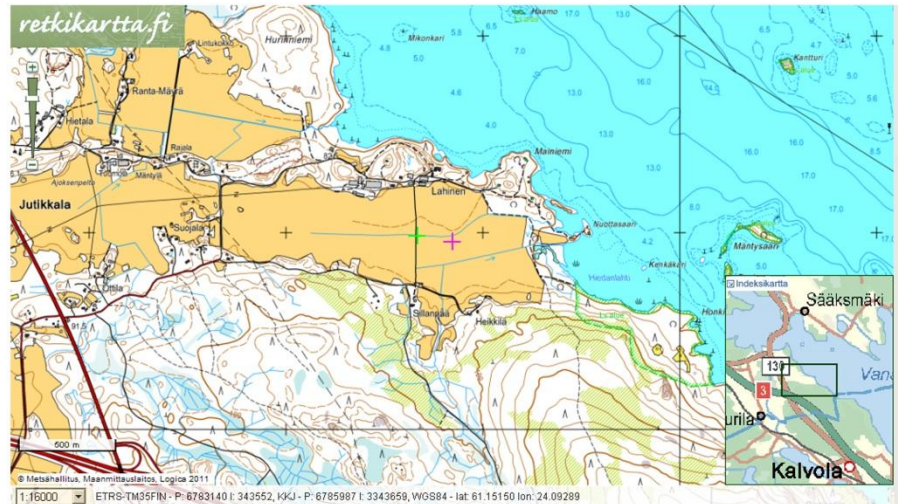
	T	Happamuus	Sjotokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m ³ /s
 11.4.2011	0,4	6,24	154,1	20,6	92	9300	77	25	7400	16,8	1,11
 14.4.2011	2,0	6,23	135,9	20,3	65	6600	53	13	5000	18,8	0,71
 18.4.2011	4,0	6,19	88,6	30,9	58	3589	30	13	2700	20,9	1,16
 20.4.2011	1,4	6,09	97,2	13,8	-	-	-	-	-	20,9	0,57
 27.4.2011	6,4	6,14	86,1	11,3	36	1511	15	7	903	19,5	0,27
 3.5.2011	5,2	6,50	91,4	8,8	28	1094	16	7	625	14,6	0,10







Näytteenottopiste 9



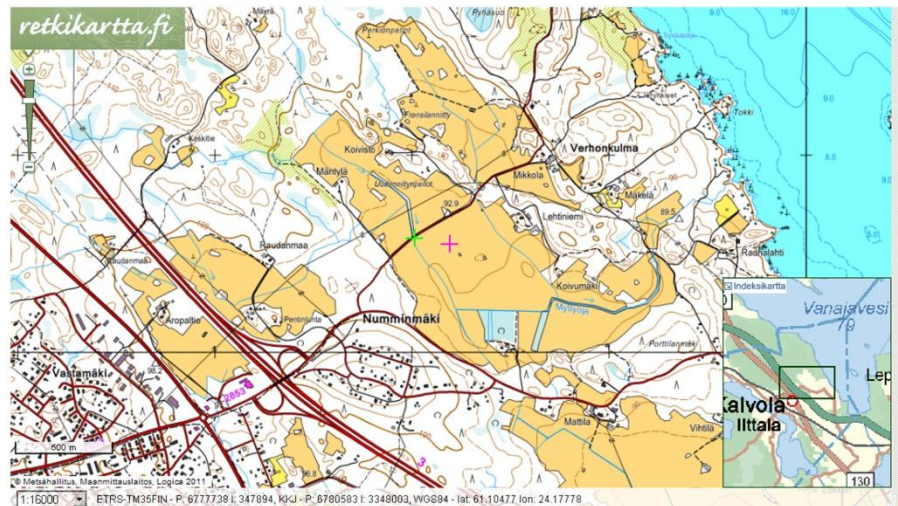
	T	Happamuus	Sijhtokiky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m ³ /s
 11.4.2011	0,0	6,69	133,1	8,2	45	1920	296	4	810	19,4	0,17
 14.4.2011	0,0	6,39	121,4	16,4	98	5000	122	26	3400	18,6	0,29
 18.4.2011	3,8	6,23	97,6	17,1	64	2821	60	10	2100	18,5	0,26
 20.4.2011	3,5	6,35	95,3	15,0	-	-	-	-	-	18,6	0,18
 27.4.2011	11,2	6,61	100,6	7,5	33	1439	28	5	815	16,2	0,07
 3.5.2011	8,0	7,07	127,5	3,5	23	1113	52	3	460	16,5	0,05







Näytteenottopiste 10



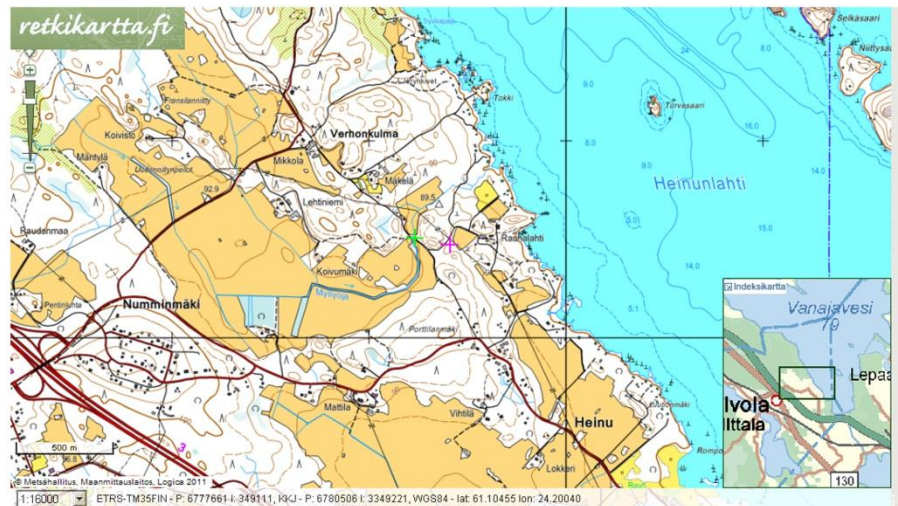
	T	Happamuus	Sjohotokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m ³ /s
 11.4.2011	0,4	6,43	231,3	45,2	458	14000	302	299	9900	13,4	0,06
 14.4.2011	1,6	6,55	276,1	36,0	460	16000	424	256	12000	16,9	0,03
 18.4.2011	4,1	6,47	235,2	33,9	315	11000	128	186	10000	16,9	0,05
 20.4.2011	1,7	6,42	219,0	19,0	-	-	-	-	-	14,8	0,02
 27.4.2011	6,0	6,31	120,0	30,9	77	3923	135	15	3000	12,6	0,01
 3.5.2011	8,4	6,79	109,5	56,6	130	2274	206	21	1500	10,5	0,00







Näytteenottopiste 11



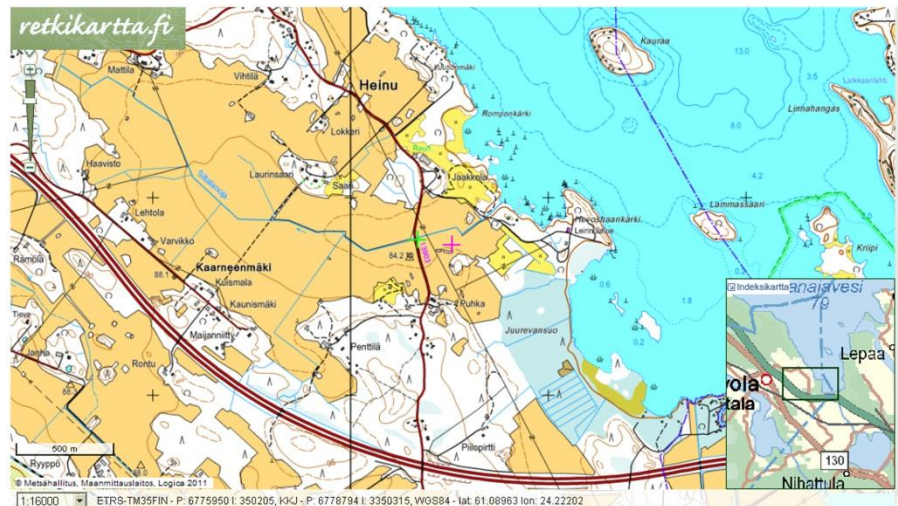
	T	Happamuus	Sjohdokky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m ³ /s
 11.4.2011	0,8	6,15	205,2	26,4	66	1440	30	13	820	15,7	0,25
 14.4.2011	1,3	6,27	183,1	21,1	45	1200	25	10	700	16,8	0,20
 18.4.2011	3,0	5,99	124,5	26,3	40	767	15	7	400	19,7	0,29
 20.4.2011	1,1	6,16	174,1	13,4	-	-	-	-	-	16,7	0,15
 27.4.2011	6,7	6,42	184,4	14,0	26	532	7	4	165	14,8	0,07
 3.5.2011	5,3	6,63	212,7	7,9	15	356	9	5	97	9,8	0,03







Näytteenottopiste 12



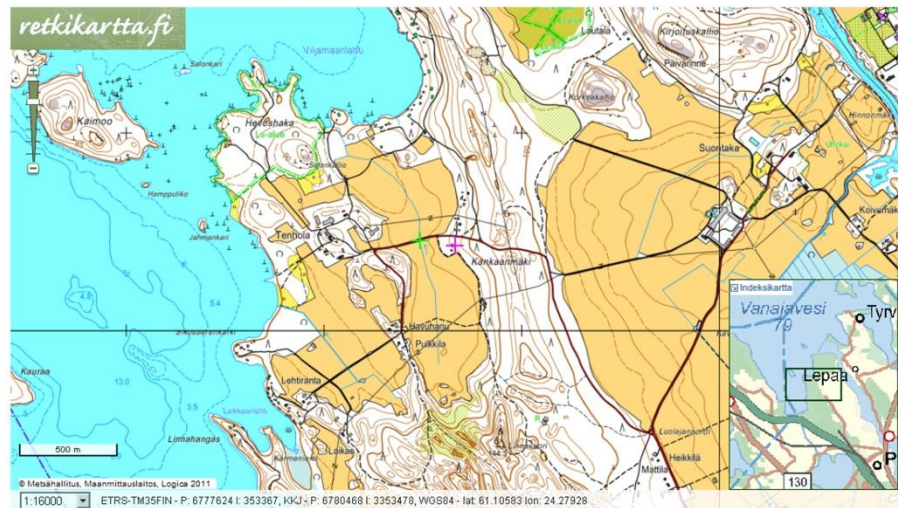
	T	Happamuus	Sjohdokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m ³ /s
 11.4.2011	0,5	5,54	244,8	36,7	74	6400	222	9	5100	13,4	0,41
 14.4.2011	1,1	5,46	229,3	35,6	55	5200	243	3	3500	14,3	0,25
 18.4.2011	3,1	5,64	155,2	32,1	43	2578	148	8	1900	16,8	0,43
 20.4.2011	1,2	5,06	229,8	26,4	-	-	-	-	-	13,9	0,23
 27.4.2011	6,4	5,92	211,2	22,1	31	1537	133	4	941	12,9	0,10
 3.5.2011	4,9	6,44	223,4	13,3	24	1190	99	5	770	9,7	0,04







Näytteenottopiste 13



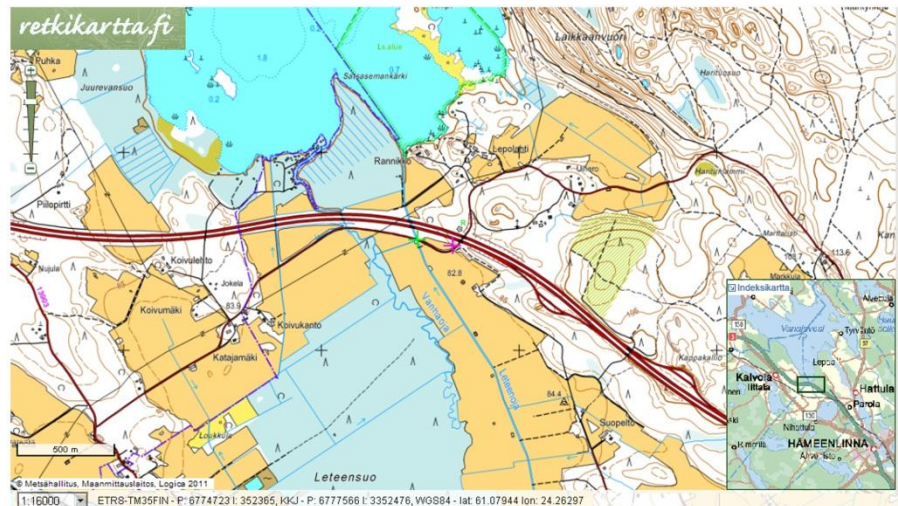
	T	Happamuus	Sjohdokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m³/s
 11.4.2011	0,5	6,53	203,9	65,9	157	5700	48	56	4400	8,8	0,25
 14.4.2011	1,4	6,79	266,6	49,6	131	5900	90	51	4100	9,0	0,17
 18.4.2011	4,1	6,79	253,2	39,6	98	4539	55	4	3500	10,0	0,05
 20.4.2011	1,5	7,03	356,9	22,0	-	-	-	-	-	7,7	0,06
 27.4.2011	7,0	7,21	461,2	21,2	32	2004	15	8	1731	6,1	0,06
 3.5.2011	5,0	7,32	547,9	8,2	18	1358	13	7	1200	4,9	0,02







Näytteenottopiste 14



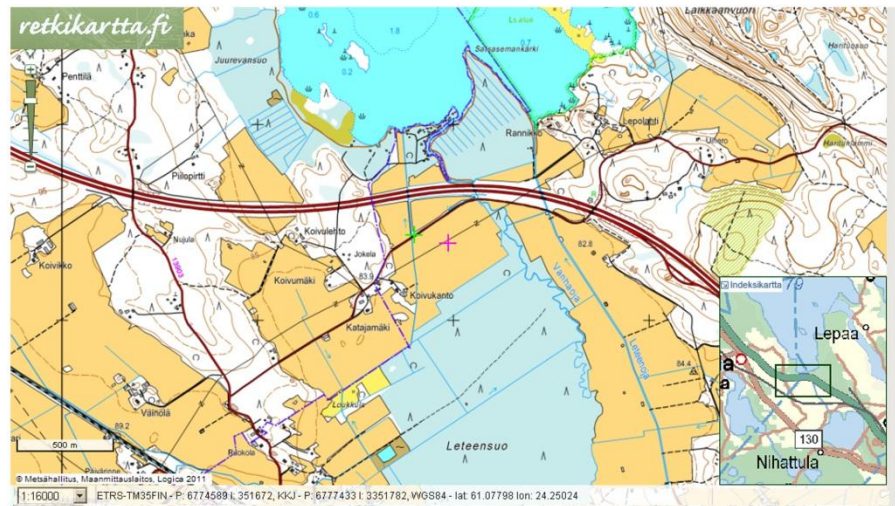
	T	Happamuus	Sjotokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m³/s
 11.4.2011	2,0	6,56	116,7	7,6	164	7400	39	112	6600	8,6	0,05
 14.4.2011	1,6	6,20	182,6	10,5	91	13000	47	49	10100	9,4	0,02
 18.4.2011	4,6	6,27	144,1	12,7	72	7470	20	27	6800	9,9	0,01
 20.4.2011	3,1	6,29	177,1	9,8	-	-	-	-	-	8,2	0,01
 27.4.2011	7,4	6,54	164,8	8,0	30	8963	7	4	7900	9,0	0,00
 3.5.2011	5,8	6,73	160,8	6,0	24	8300	9	7	7200	8,2	0,00







Näytteenottopiste 15



	T	Happamuus	Sjotokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m ³ /s
	0,5	6,74	272,9	14,5	96	6000	169	34	4700	14,5	1,09
	1,7	6,92	219,2	7,5	57	4100	123	13	2800	13,7	1,51
	3,7	7,04	186,5	8,2	43	2123	78	6	1500	10,8	0,36
	4,0	7,21	183,1	3,0	-	-	-	-	-	8,9	0,60
	5,2	7,24	188,3	3,0	28	971	22	2	519	7,9	0,17
	6,2	7,29	190,3	4,2	93	1211	253	14	455	7,8	0,10







Näytteenottopiste 16



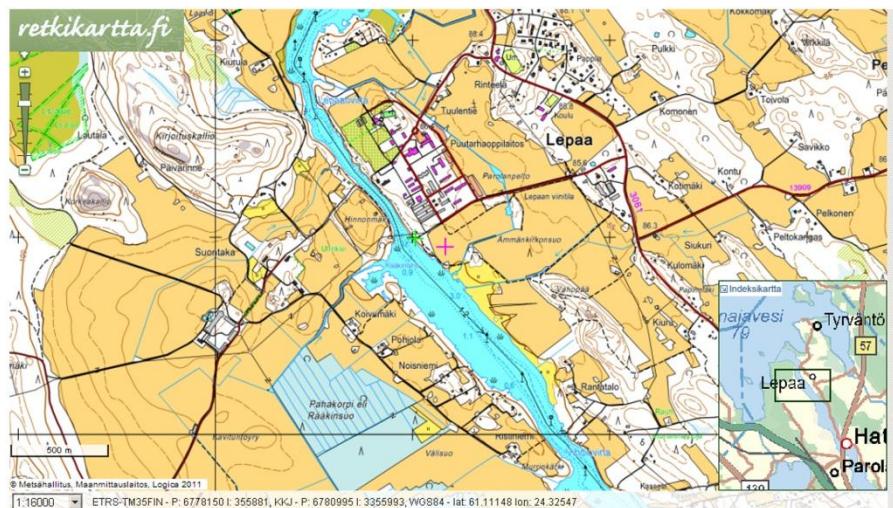
	T	Happamuus	Sjohdokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m ³ /s
 11.4.2011	0,3	6,50	147,1	63,2	196	6800	185	72	5000	15,1	0,92
 14.4.2011	0,7	6,66	171,6	49,3	148	6500	106	44	4300	16,8	0,42
 18.4.2011	3,4	6,70	154,0	36,0	90	4384	82	26	3200	17,9	0,27
 20.4.2011	2,1	6,85	176,2	22,2	-	-	-	-	-	17,0	0,21
 27.4.2011	8,9	6,92	197,7	13,3	41	2485	238	19	1716	16,9	0,06
 3.5.2011	6,5	7,11	211,5	9,0	49	1438	29	15	840	14,7	0,04


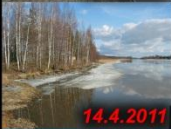

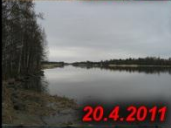


Näytteenottopiste 17



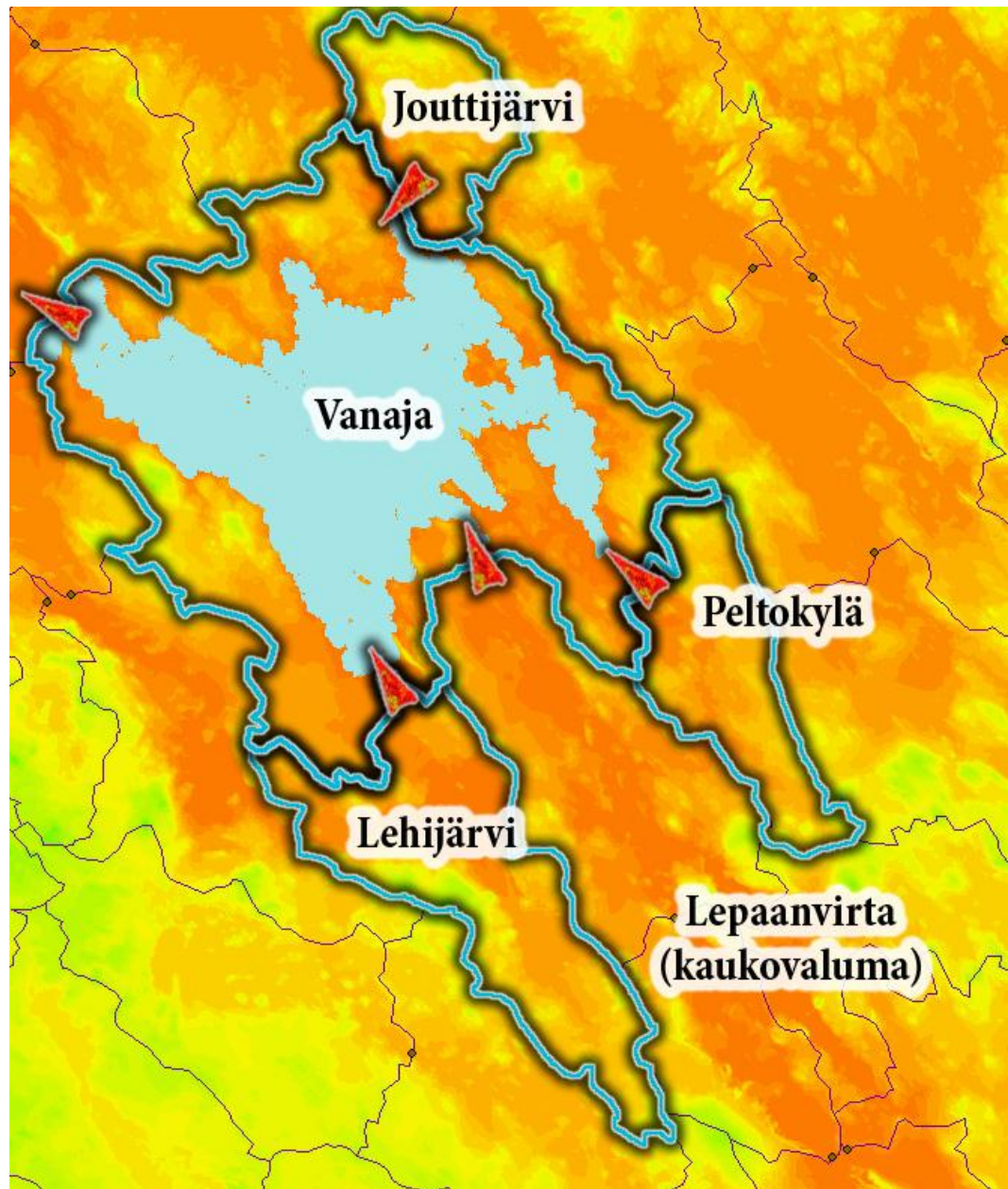
	T	Happamuus	Sjohokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m³/s
	0,0	5,72	152,0	26,4	85	7600	109	16	6200	15,7	2,77
	1,6	5,92	140,2	27,1	73	5700	121	14	4400	16,8	1,97
	1,8	5,61	89,1	34,7	51	2905	79	10	2100	19,7	1,97
	2,9	5,90	106,8	22,0	-	-	-	-	-	16,7	0,97
	8,2	5,94	104,7	18,8	39	1745	53	6	1110	14,8	0,53
	7,6	6,58	104,8	15,3	46	1319	22	4	760	9,8	0,27

Näytteenottopiste 18

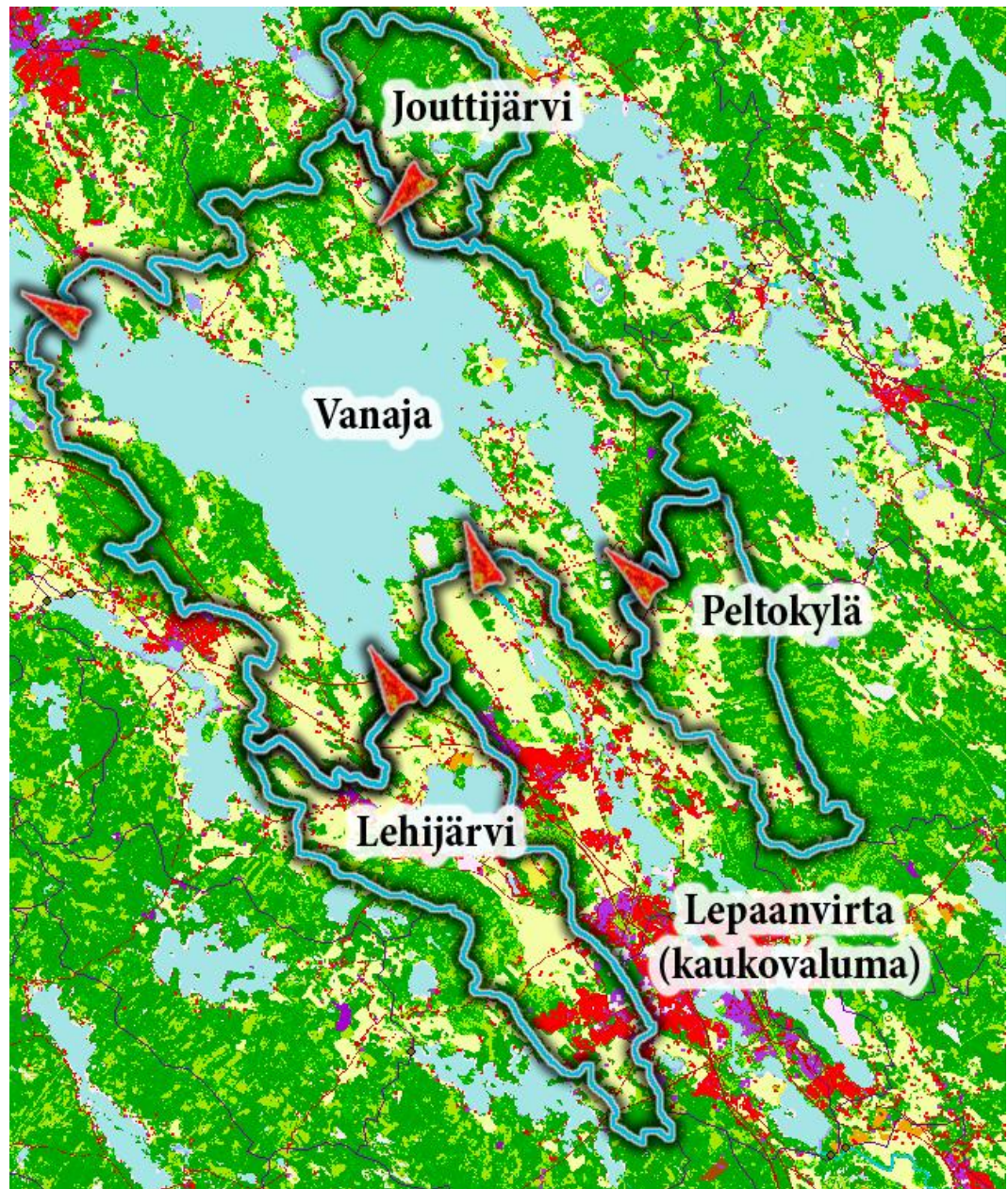


	T	Happamuus	Sijhtokyky	Turb.	P _{kok}	N _{kok}	NH ₄ -N	PO ₄ -P	NO ₃ -N	DOC	Virtaama
	°C	pH	µS/cm	FNU	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	m³/s
	0,0	6,72	158,0	12,3	76	5400	135	22	4300	10,3	71,8
	0,0	6,82	157,4	21,2	91	6400	122	27	5300	11,5	76,5
	0,0	6,69	137,7	21,3	72	5794	97	17	5000	12,9	71,6
	0,0	6,81	132,7	18,0	-	-	-	-	-	13,0	67,3
	0,0	6,71	117,4	11,7	52	4245	37	3	3000	15,1	47,5
	0,0	6,93	115,4	6,5	43	3210	19	3	3000	14,1	37,0

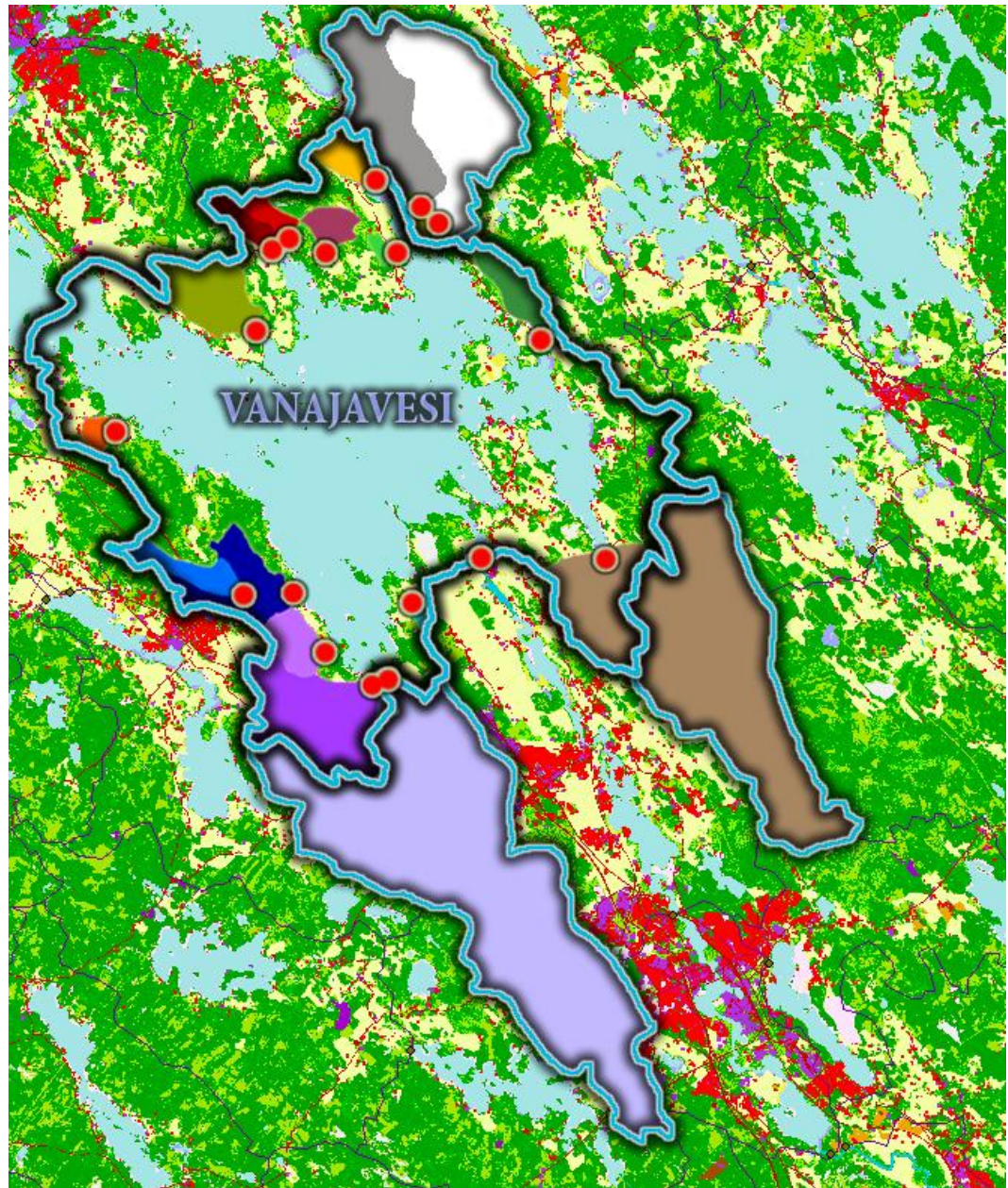
LIITE 2. Maanpinnankorkeuspaikkatietoaineiston päällä Vanajaveden lähivaluma-alueen osavaluma-alueet ja niiden purkupisteet



LIITE 3. Maanpeite- ja maankäyttöpaikkatietoaineiston päällä Vanajaveden lähivaluma-alueen osavaluma-alueet ja niiden purkupisteet



LIITE 4. Maanpeite- ja maankäyttöpaikkatietoaineiston päällä näytteenottopisteet ja niiden valuma-alueet eriteltynä



LIITE 5. Lähivaluma-alueen näytteenottopisteiden maanpeite ja -käyttö



LIITE 6/1. Valuma-aluiden ja näytteenottopisteiden maanpeite- ja maankäyttöja-
kauma pinta-aloina ja prosentteina

Värikoodi*	Maanpeite- ja maankäyttöalokuuma (km ²)	Lehivaluma-alue	Varajän valuma-alue	Joutijärven valuma-alue	Petokylän valuma-alue	Lehijärven valuma-alue	NOP** 1-17
	Havumetsät	91,7	45,0	13,5	16,8	16,4	60,7
	Sekametsät	34,6	17,9	5,3	5,1	6,3	22,5
	Lehtimetsät	8,6	4,6	1,1	1,0	1,9	5,5
	Havupusotiset alueet	25,9	13,5	2,2	4,3	5,9	13,5
	Peliot	73,1	39,1	6,1	9,5	18,4	51,7
	Laidunmaat	2,3	1,1	0,1	0,1	1,1	1,3
	Pienipiirteinen maatalousosaikk	0,6	0,1	0,0	0,0	0,5	0,5
	Väljästi rakennetut asuinalueet	12,1	5,1	0,4	0,7	5,3	8,1
	Liikennealueet	5,7	2,8	0,4	0,2	2,3	4,4
	Maa-ainesten ottoalueet	0,8	0,2	0,0	0,1	0,5	0,6
	Teollisuuden ja palveluiden alueet	2,4	1,0	0,1	0,1	1,2	1,8
	Sisämaan kosteikot	1,1	0,8	0,0	0,0	0,1	0,5
	Joet	8,9	8,9	0,0	0,0	0,0	0,1
	Järvet	109,3	101,4	0,7	0,0	7,2	8,6
	Avosuot	1,6	1,3	0,0	0,2	0,1	0,6
	Kalliomaat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Urheilui- ja vapaa-ajan toiminta-alueet	5,7	4,3	0,1	0,2	1,2	1,8
	Kokonaismäärä (km ²)	394,6	247,2	29,9	38,3	68,6	181,6

*Corine Land Cover 2006 paikkatietoinen kyselyistä maanpeitetä ja -käyttöä kuvaava värikoodi

**Näytteenottopiste

Värikoodi	Maanpeite- ja maankäyttöalokuuma (ha)	NOP 1	NOP 2	NOP 3	NOP 4	NOP 5	NOP 6	NOP 7	NOP 8	NOP 9	NOP 10	NOP 11	NOP 12	NOP 13	NOP 14	NOP 15	NOP 16	NOP 17
	Havumetsät	67	74	56	63	14	88	783	523	124	28	160	358	37	17	1659	208	1968
	Sekametsät	29	39	33	35	7	45	322	212	59	12	27	81	22	6	637	103	610
	Lehtimetsät	7	19	6	9	3	13	62	40	13	2	5	13	7	2	195	32	123
	Havupusotiset alueet	42	37	13	17	4	15	157	51	44	8	52	89	14	3	601	109	146
	Peliot	26	320	22	43	15	61	227	305	64	35	13	169	173	26	1842	589	1246
	Laidunmaat	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	2	3	0	0	105	4	11
	Pienipiirteinen maatalousosaikk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0
	Väljästi rakennetut asuinalueet	2	33	2	3	0	16	9	27	6	3	1	31	15	1	561	36	93
	Liikennealueet	3	14	2	6	0	7	13	21	2	1	12	27	16	0	226	47	50
	Maa-ainesten ottoalueet	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	53	2	6
	Teollisuuden ja palveluiden alueet	0	9	0	0	0	2	2	7	2	2	2	8	5	0	123	7	15
	Sisämaan kosteikot	0	21	0	0	0	0	10	0	1	0	0	0	0	0	13	0	4
	Joet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6
	Järvet	0	7	0	0	0	0	59	2	6	0	0	0	0	0	723	0	2
	Avosuot	3	0	0	0	0	1	2	0	1	1	2	2	2	1	13	3	31
	Kalliomaat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Urheilui- ja vapaa-ajan toiminta-alueet	0	10	0	1	0	0	8	1	9	0	0	4	2	0	115	2	24
	Kokonaismäärä (ha)	179	585	135	178	44	249	1654	1191	331	90	277	785	294	55	6918	1141	4334

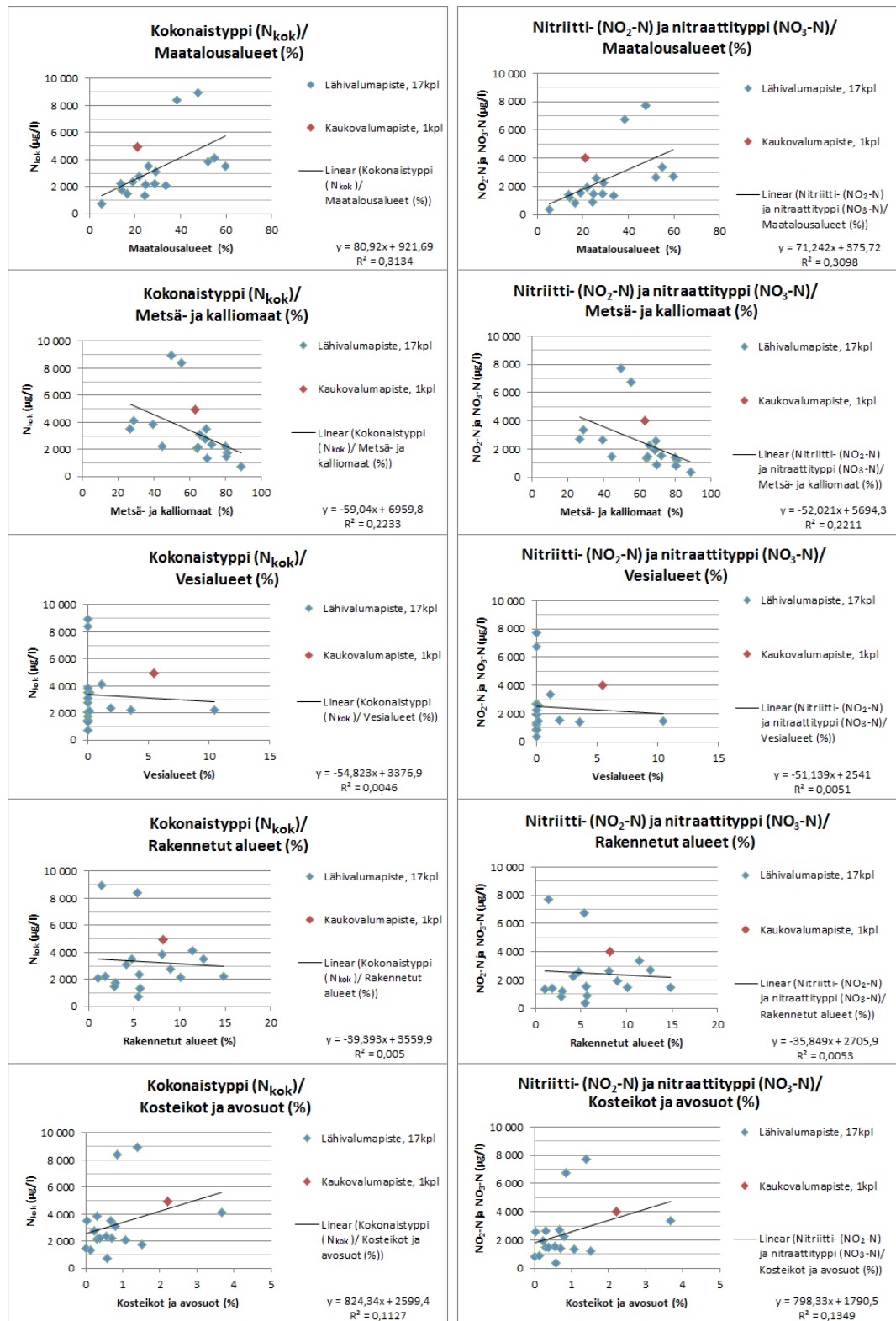
Värikoodi*	Maapelle- ja maankäyttöjaksuma (%)	Lähtövaluma-alue	Vaaran valuma-alue	Joutijärven valuma-alue	Peltokylän valuma-alue	Lehtijärven valuma-alue	NO ² +1,17
	Havumetsät	23,9	18,2	45,1	44,0	23,9	33,4
	Sekametsät	9,0	7,2	17,9	13,3	9,2	12,4
	Lehtimetsät	2,2	1,9	3,5	2,5	2,8	3,0
	Harvapuustoiset alueet	6,7	5,5	7,3	11,2	8,6	7,4
	Pellot	19,0	15,8	20,2	24,9	26,7	28,4
	Laidunmaat	0,6	0,5	0,2	0,2	0,7	1,5
	Pienipitteenen maatalousmosaikki	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7	0,3
	Väljät rakennetut asuinalueet	3,0	2,1	1,3	1,8	8,2	4,6
	Liikennealueet	1,5	1,2	1,2	0,6	3,3	2,4
	Maa-ainesten ottoalueet	0,2	0,1	0,0	0,2	0,8	0,3
	Teollisuuden ja palveluiden alueet	0,6	0,4	0,3	1,8	1,8	1,0
	Sisämaan kosteikot	0,3	0,3	0,3	0,0	0,2	0,3
	Joet	2,3	3,6	2,0	0,0	0,0	0,0
	Järvet	28,5	41,0	2,2	0,0	10,5	4,4
	Avosuot	0,4	0,5	0,1	0,4	0,1	0,3
	Kalliomaat	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Urhelli- ja vapaa-ajan toiminta-alueet	1,5	1,7	0,4	0,5	1,7	1,0
	Kokonaismäärä (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*Corine Land Cover 2006 paikkatietoaineiston kyseistä maanpeitettä ja -käyttöä kuvaava värikoodi

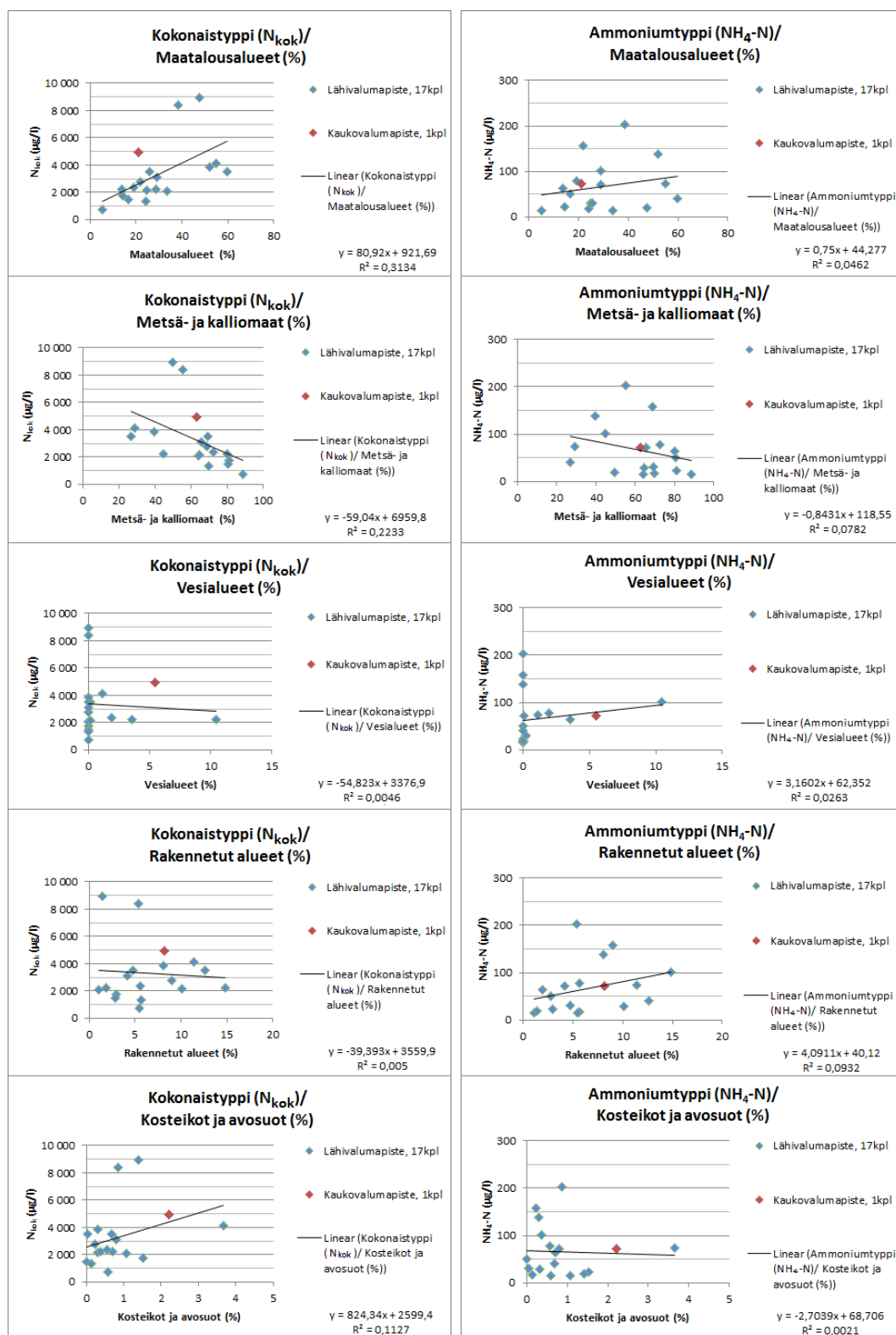
**näytteenottopiste

[illegible]

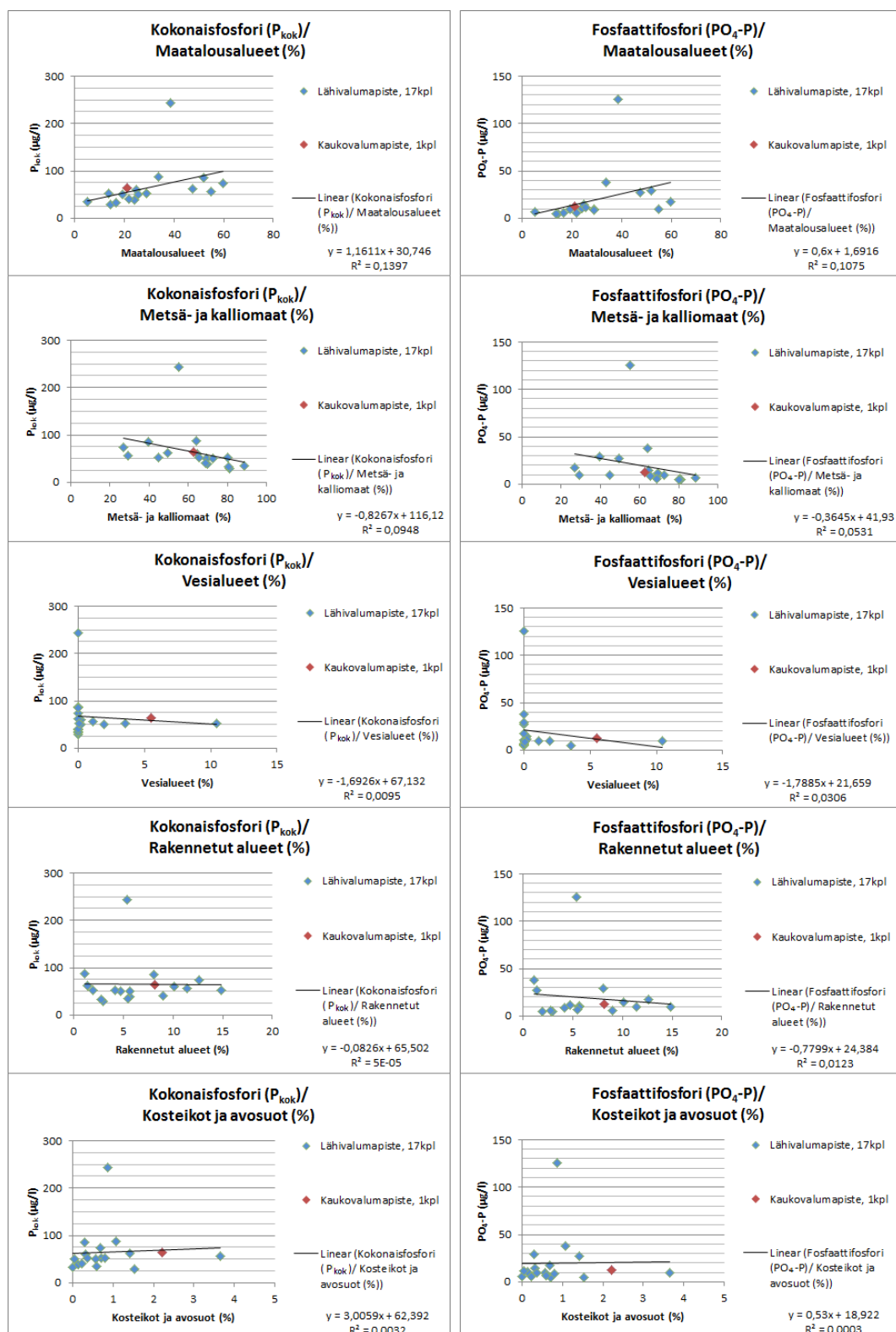
LIITE 7. Kokonaistypen ja nitriitti- ja nitraattitypen korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken



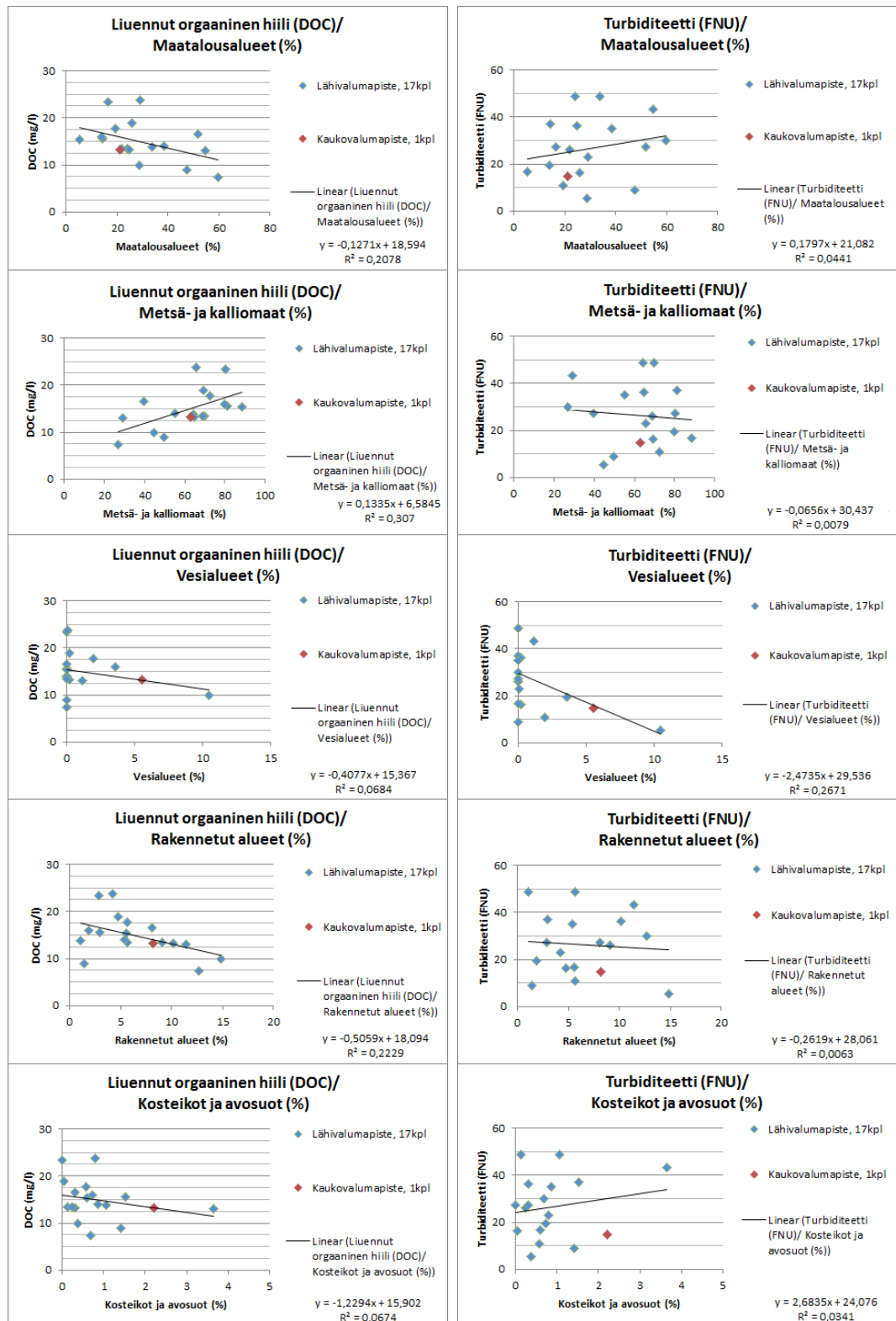
LIITE 8. Kokonaistypen ja ammoniumtypen korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken



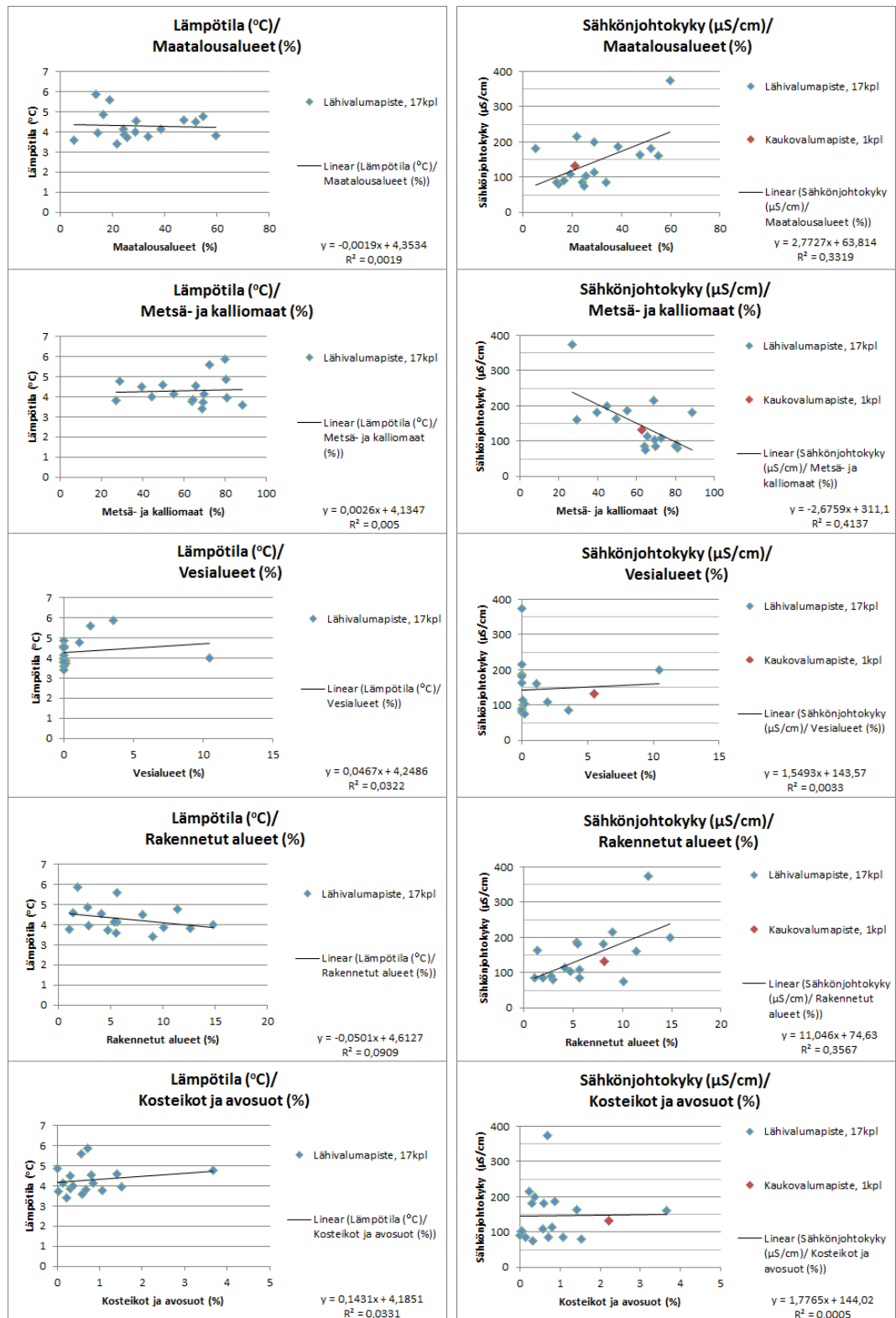
LIITE 9. Kokonais- ja fosfaattifosforin korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken



LIITE 10. Liuenneen orgaanisen hiilen ja turbiditeetin korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken



LIITE 11. Lämpötilan ja sähkönjohtokyvyn korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken



LIITE 12. Happamuuden ja virtaaman korreloiminen eri maanpeite- ja maankäyttöalueiden kesken

